



UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI PISA

Facoltà di Medicina e Chirurgia

Corso di Laurea Specialistica in Medicina e Chirurgia

**LA RICOSTRUZIONE DEL LEGAMENTO
CROCIATO ANTERIORE CON
LIGAMENTO SINTETICO LARS**

Relatore:

Chiar.mo Prof. Michele Lisanti

**Candidato:
Lorenzo DOLFI**

Anno Accademico 2007-2008

INDICE

<i>Capitolo 1: Cenni Storici.....</i>	<i>pag. 5</i>
<i>Capitolo 2: Anatomia descrittiva.....</i>	<i>pag. 8</i>
<i>Capitolo3: Linee di difesa anatomiche (LDA).....</i>	<i>pag.29</i>
<i>Capitolo4: Biomeccanica.....</i>	<i>pag.32</i>
<i>Capitolo 5: Classificazione ed Etiopatogenesi.....</i>	<i>pag.42</i>
<i>Capitolo 6: Diagnosi clinica e strumentale.....</i>	<i>pag.58</i>
<i>Capitolo7: Trattamento chirurgico.....</i>	<i>pag.68</i>
<i>Capitolo 8: Materiali e metodi.....</i>	<i>pag.83</i>
<i>Capitolo 9: Risultati.....</i>	<i>pag.88</i>
<i>Capitolo10:Discussione.....</i>	<i>pag.92</i>
<i>Capitolo 11: Conclusioni.....</i>	<i>pag.95</i>
<i>Capitolo12: Bibliografia.....</i>	<i>pag.99</i>

INTRODUZIONE

La lesione del legamento crociato anteriore (LCA) è la più frequente lesione legamentosa del ginocchio. Mentre i legamenti collaterali sono dotati di grandi potenzialità riparative intrinseche e ben rispondono al trattamento incruento, il LCA sia a causa della scarsa vascolarizzazione, che della sua posizione (circondato dal liquido sinoviale), ha scarse capacità di guarigione con trattamento conservativo. [1] Poiché i pazienti affetti da lesione del legamento crociato anteriore sono mediamente giovani e attivi, la scelta terapeutica proposta è generalmente chirurgica.

Storicamente le opzioni chirurgiche includevano ricostruzioni con o senza augmentation e ricostruzioni, utilizzando sia graft biologici autologhi (tendine rotuleo, tratto ileo-tibiale, tendine semitendinoso e gracile) che eterologhi (trapianto da cadavere) o graft di sintesi.

I vantaggi legati all'utilizzo di materiale sintetico nella ricostruzione del LCA sono rappresentati da: recupero immediato della stabilità, il rapido periodo riabilitativo e l'assenza di prelievo di strutture autologhe.

Negli anni '80 sono stati introdotti vari materiali sintetici sia per la sostituzione protesica del legamento crociato anteriore (fibra di carbonio, Dacron®, Gore-Tex®), sia come augmentation dei graft biologici (Leed-Keio e Kennedy augmentation device). Tuttavia, sebbene studi a breve termine mostrassero risultati clinici migliori rispetto ai graft biologici, l'utilizzo di materiali sintetici era gravato da una elevata percentuale di complicanze a lungo termine, quali fallimenti meccanici (rottura della componente protesica, perdita di tenuta), fenomeni flogistici (sinoviti) dovuti al debridement del materiale ed in ultima analisi artrosi precoce.

Negli ultimi anni in seguito allo sviluppo di nuovi materiali e di tecniche chirurgiche più accurate è nuovamente cresciuto l'interesse riguardo alla possibilità di utilizzare dei graft sintetici per la ricostruzione del ligamento crociato anteriore in particolari gruppi di pazienti, quali ad esempio quelli già sottoposti ad un precedente intervento di ricostruzione LCA con graft biologici.

Tra i vari ligamenti di seconda generazione introdotti in commercio quello che per le sue caratteristiche strutturali più si avvicina all'anatomia ed alla meccanica del legamento crociato nativo è il LARS® (Ligament Advanced Reinforcement System).

Studi clinici riguardo all'utilizzo del LARS® nella ricostruzione del LCA hanno evidenziato risultati molto incoraggianti sia a breve termine sia a medio-lungo termine con una notevole diminuzione sia delle complicanze reattive (sinoviti), sia di quelle meccaniche (rottture dell'impianto e perdite di tenuta).

Scopo del nostro studio è quello di valutare a distanza i pazienti sottoposti ad intervento chirurgico di ricostruzione del legamento crociato anteriore con ligamento sintetico LARS® presso la Clinica Ortopedica di Pisa nel periodo compreso tra gennaio 2003 e dicembre 2006, al fine di valutare l'efficacia del trattamento e le sue effettive indicazioni.

1. CENNI STORICI

La descrizione delle lesioni dei legamenti crociati non è antica come la medicina, ma risale al 1850 per opera di J.Stark che descrisse le manovre per la riduzione della lussazione del ginocchio, nello studio "Two cases of ruptured crucial ligament of the knee-joint".

Poi fu H. Goetjs a presentare un esteso lavoro scientifico sui legamenti crociati e dopo avere esaminato le modalità di rottura dei legamenti su cadavere, sostenne che immediatamente dopo l'evento lesivo era necessario l'intervento riparativo.

Nel 1918 A. Smith presentò una monografia dal titolo "The diagnosis and treatment of injuries to crucial ligaments", in cui anticipò alcune manovre operatorie come la necessità di ricostruire le lacerazioni ligamentose trascurate da una primitiva osservazione.

Nel 1917 un chirurgo inglese di nome Hey Groves in un breve lavoro pubblicato sul British Journal of Surgery descrisse l'intervento chirurgico di ricostruzione del legamento crociato anteriore con un lembo di fascia lata.

Nel 1919 il medico italiano Vittorio Putti, presentò la sua casistica di ricostruzioni del legamento crociato anteriore al 26° Congresso della Società di Chirurgia a Trieste.

Putti descrive due interventi eseguiti su di un paziente che presentava un'anchilosi del ginocchio in seguito a ferita di guerra: nel *primo* intervento viene eseguita un'artroplastica del ginocchio con interposizione di fascia lata; nel *secondo*, eseguito per la grave instabilità residua, viene fatta la ricostruzione dei legamenti collaterali e

del legamento crociato anteriore con lembi di fascia lata. Vittorio Putti conclude dicendo che “a 5 mesi dall'intervento il malato cammina speditamente senza bisogno di protesi”.

Altri famosi chirurghi che si cimentarono con la chirurgia ricostruttiva del legamento crociato anteriore sono G. Filippi (1935), F. Delitala (1935) e I. Palmer (1938).

L'inizio della moderna chirurgia ricostruttiva del legamento crociato anteriore si ha negli anni '70 sotto l'impulso di chirurghi come J. Hughston, J. Marshall, K. Jones, Trillat.

Negli anni '80, con l'avvento della tecnica artroscopica nella pratica ortopedica è stato rivoluzionato completamente l'approccio alle lesioni ligamentose del ginocchio, divenendo sia strumento diagnostico, che terapeutico. Pionieri dell'artroscopia sono stati i giapponesi Takagi, Watanabe, Takeda, Ikeuchi.

Nel 1918 Kenij Takagi con un cistoscopio esaminò per primo l'interno della articolazione del ginocchio. Nel 1955 Watanabe eseguì il primo intervento chirurgico sul ginocchio per via artroscopica.

Quando comparvero le fibre ottiche utilizzate per la trasmissione della fonte luminosa, le tecniche di chirurgia endoarticolare si diffusero e si svilupparono con estrema velocità.

Per quanto riguarda l'utilizzo di materiali sintetici nella ricostruzione del LCA la letteratura riporta come primo intervento di ricostruzione un caso proposto da Corner nel 1914 in cui era stato utilizzato un filamento metallico; in seguito nel 1918 Alwin-Smith eseguirono una ricostruzione del LCA utilizzando la seta riportando il completo fallimento dell'impianto dopo circa 3 mesi.

Dopo queste prime esperienze pionieristiche l'utilizzo di materiali sintetici per la ricostruzione del LCA è cessato fino agli anni 70, quando il progresso tecnologico ha portato allo sviluppo di materiali che meglio si adattavano alle esigenze mediche.

Negli anni '80 sono stati introdotti vari materiali sintetici, sia per la sostituzione protesica del legamento crociato anteriore (fibra di carbonio, Dacron®, Gore-Tex®), sia come augmentation dei graft biologici (Leed-Keio e Kennedy augmentation device).[7-10]

Tuttavia, sebbene studi a breve termine mostrassero risultati clinici migliori rispetto ai graft biologici, l'utilizzo di materiali sintetici era gravato da una elevata percentuale di complicanze a lungo termine quali fallimenti meccanici (rottura della componente protesica, perdita di tenuta), fenomeni flogistici (sinoviti) dovuti al debridement del materiale ed in ultima analisi artrosi precoce.

A causa dei risultati insoddisfacenti il concetto di sostituto artificiale del legamento crociato anteriore perse credibilità e negli anni 90 si è assistito ad una “caduta” della utilizzazione del ligamento artificiale nelle ricostruzioni del legamento crociato anteriore.[7-10]

Negli ultimi anni il progressivo miglioramento delle tecniche chirurgiche artroscopiche, lo sviluppo di nuovi materiali e la miglior comprensione della biomeccanica del ginocchio, hanno portato allo sviluppo di una nuova generazione di ligamenti sintetici che presentano caratteristiche simili a quelle del ligamento nativo come ad esempio il LARS®.[8-9-10]

2. ANATOMIA DESCRITTIVA

IL GINOCCHIO

L'articolazione del ginocchio è una diartrosi e partecipa alla trasmissione del peso corporeo alla gamba e di conseguenza assume un ruolo importante nella staticità del corpo.

Il ginocchio si compone di tre strutture ossee: femore, tibia e rotula o patella, unite da una capsula fibrosa a sua volta rivestita internamente da un tessuto sinoviale, deputato alla produzione di liquido per la lubrificazione e il trofismo della cartilagine. Il rapporto articolare tra femore e patella può essere definito un'artrodia mentre quello tra femore e tibia è un'articolazione condiloidea.

Il femore partecipa all'articolazione con la faccia patellare anteriore foggata a troclea, e con le superfici articolari dei due condili; i due versanti della troclea si aprono divergendo posteriormente lasciando una profonda gola, l'incisura intercondiloidea, ai cui lati si trovano i condili femorali, laterale e mediale.

La patella si articola a livello femorale con la sua superficie posteriore, "guardando" la troclea femorale.

La tibia è articolata col femore, con la sua estremità superiore, "mostrando" ai due condili femorali le due cavità glenoidee. Queste sono due cavità poco profonde di forma ovalare, separate da un'area non articolare, scabrosa che si eleva nel centro per formare, l'eminanza intercondiloidea.

Alla marcata convessità dei condili femorali non corrisponde una analoga concavità delle cavità glenoidee, quindi per avere armonia anatomica e stabilità articolare vi

sono sulla superficie articolare tibiale due menischi intercalari fibrocartilaginei di forma semilunare, uno laterale e l'altro mediale, entrambi di sezione triangolare.

Il menisco laterale descrive un cerchio quasi completo interrompendosi soltanto per l'inserzione in corrispondenza dell'eminanza intercondiloidea. La porzione postero-laterale del menisco presenta un recesso sinoviale che riveste il tendine del muscolo popliteo, lo "Iato Popliteo". Inoltre, dal corno posteriore del menisco laterale partono i legamenti menisco-femorali di Humphry e Wrisberg.

Il menisco mediale è più esteso del laterale assumendo forma di C, ed inserendosi con i suoi corni sulla tibia. I due menischi intercalari, anteriormente sono uniti da un fascio fibroso teso trasversalmente: *il legamento traverso del ginocchio*.

I mezzi di unione dell'articolazione sono rappresentati dalla *capsula articolare* e da *legamenti di rinforzo*.

A livello femorale, la capsula articolare trova inserzione superiormente, a qualche millimetro, dal bordo della cartilagine articolare. A livello tibiale, la capsula articolare si inserisce sul margine infraglenoideo e continua posteriormente sui legamenti crociati. A livello rotuleo, si inserisce ai margini della stessa. La capsula articolare presenta numerosi ispessimenti che la rinforzano andando a formare i legamenti.

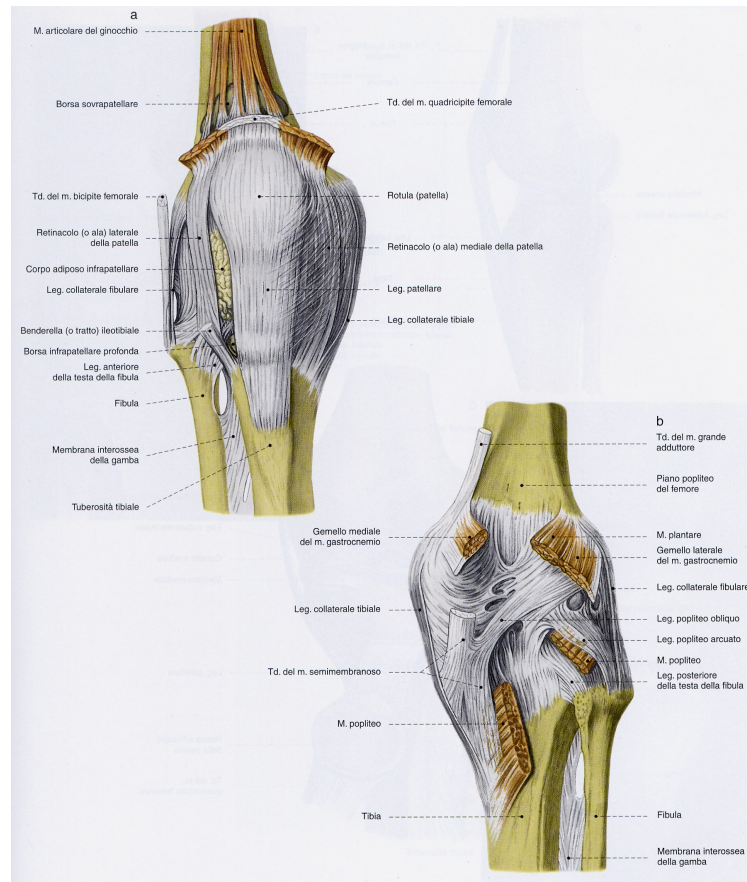


Fig.1: capsula articolare del ginocchio

I MEZZI DI CONNESSIONE DEL GINOCCHIO

Sono rappresentati da diverse strutture anatomiche: la capsula fibrosa, il legamento della patella (o tendine rotuleo, o tendine del quadricipite femorale), i legamenti collaterali tibiale e fibulare, i legamenti poplitei obliquo ed arcuato, i legamenti crociati anteriore e posteriore, oltre che il già citato legamento trasverso.

La capsula fibrosa

La capsula fibrosa non è completa ed indipendente, quindi possiamo dire che l'articolazione è circondata da una spessa guaina ligamentosa composta principalmente da tendini muscolari o prolungamenti di essi; solo irregolarmente essa appare composta da vere fibre capsulari. Sulla faccia interna della capsula fibrosa è presente il rivestimento sinoviale, che appare in certi punti separato dallo strato legamentoso per la presenza di cuscinetti adiposi o da particolari strutture intra-articolari.

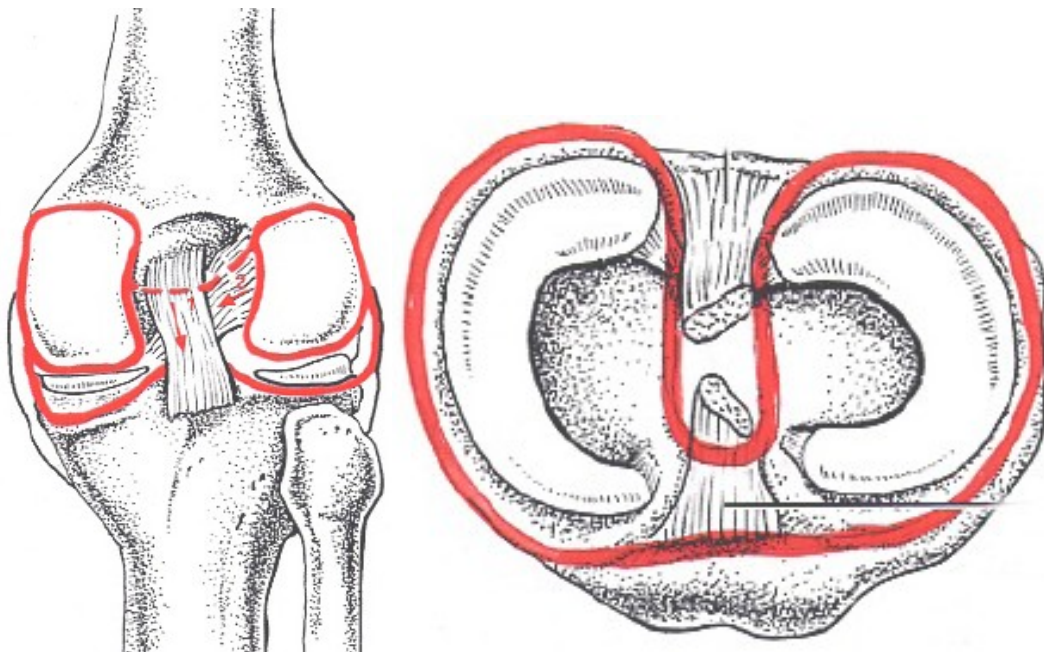


Fig 2: Limiti della capsula articolare

Compartimento anteriore

Anteriormente all'articolazione, la guaina ligamentosa è composta principalmente dalla fusione dei tendini d'inserzione dei muscoli, retto-femorale e vasti (in numero di tre). I 4 capi del quadricipite femorale convergono inferiormente andando a formare un robusto tendine (tendine quadricipitale). Esso giunge alla rotula, dove a livello della base, dei margini e della faccia anteriore prende attacco; per poi proseguire verso il basso, andando a formare il *Tendine Rotuleo*. Questo è un robusto fascio appiattito, lungo circa 5 cm, che origina prossimalmente dal limite dei margini della rotula e dalla depressione rugosa presente sulla sua superficie posteriore. Distalmente si inserisce sulla tuberosità tibiale anteriore; le fibre più superficiali sono un continuo con quelle del tendine del quadricipite femorale, mentre le porzioni più, mediali e laterali del tendine del quadricipite scendono lungo i margini laterali della rotula e si inseriscono sull'estremità prossimale della tibia, ai lati della tuberosità tibiale anteriore. Queste espansioni si fondono con la capsula, dando vita ai retinacoli mediale e laterale della rotula.

La superficie posteriore del tendine rotuleo è separata dalla membrana sinoviale dell'articolazione, per la presenza di un cospicuo cuscinetto adiposo chiamato Corpo di Hoffa. Il cuscinetto adiposo, riempie lo spazio tra i condili femorali e il tendine rotuleo ed è capace di modificare la propria forma e dimensioni in base al movimento dell'articolazione. Il cuscinetto adiposo contiene numerosi vasi sanguigni che originano dalla rete arteriosa articolare del ginocchio. Il tendine rotuleo forma un setto incompleto tra la cresta intercondiloidea del femore e il cuscinetto adiposo.

La capsula fibrosa nella sua parte anteriore è formata anche da fibre tendinee dei muscoli vasti che decorrono obliquamente in basso attraverso la rotula fino al retinacolo controlaterale.

Più superficialmente, troviamo espansioni più robuste, appartenenti alla fascia lata, tra il tratto ileo-tibiale che s'inserisce sul condilo laterale della tibia e il retinacolo patellare superiore, costituito da una robusta banda che si dirige in avanti per impiantarsi sul margine laterale della patella.

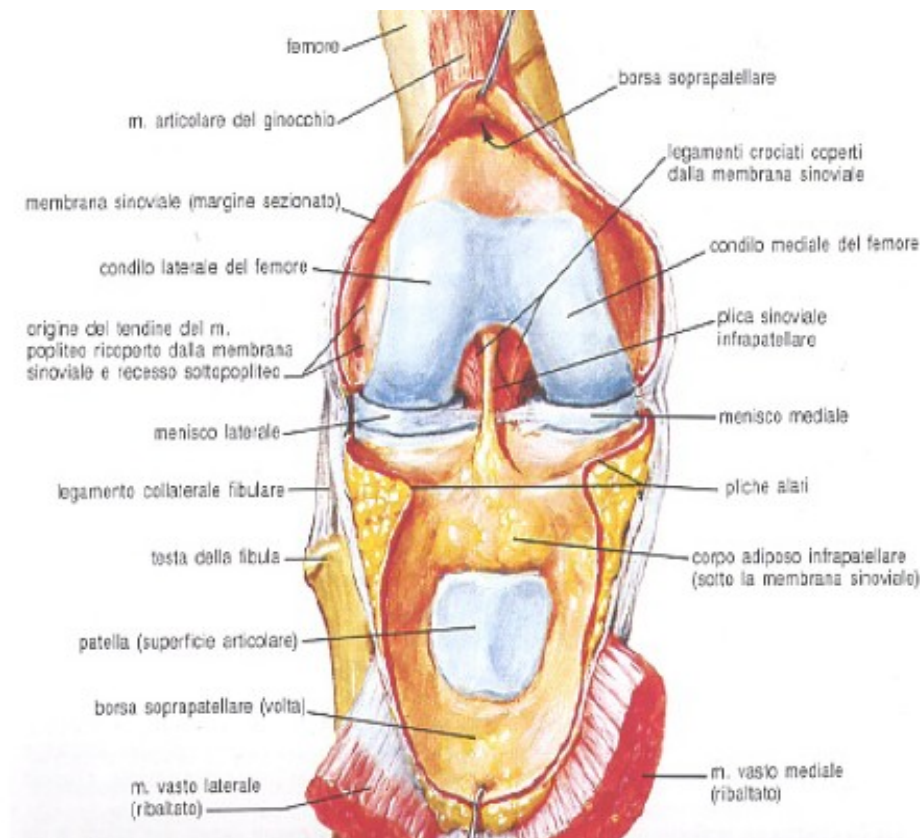


Fig3: compartimento anteriore del ginocchio

Compartimento posteriore

La porzione posteriore della capsula fibrosa, come quella anteriore, è una struttura composta e non uniforme.

Le fibre capsulari vere, s'inseriscono sul femore subito al di sopra dei condili e sulla linea intercondiloidea e dirigendosi in basso, s'inseriscono sul margine posteriore dell'estremità superiore della tibia.

La regione centrale di questa porzione capsulare è rinforzata da un'espansione del tendine del muscolo semimembranoso che si dirige verso l'alto e lateralmente, formando il legamento popliteo obliquo; questo, forma parte del pavimento del cavo popliteo ed è in rapporto con l'arteria poplitea.

La porzione latero-inferiore della regione posteriore dell'articolazione, è rinforzata dal legamento popliteo arcuato, che origina dalla superficie posteriore della testa della fibula, si inarca verso l'alto e medialmente sul tendine popliteo, nel punto in cui quest'ultimo emerge dall'articolazione, per infine espandersi sul retro della capsula.

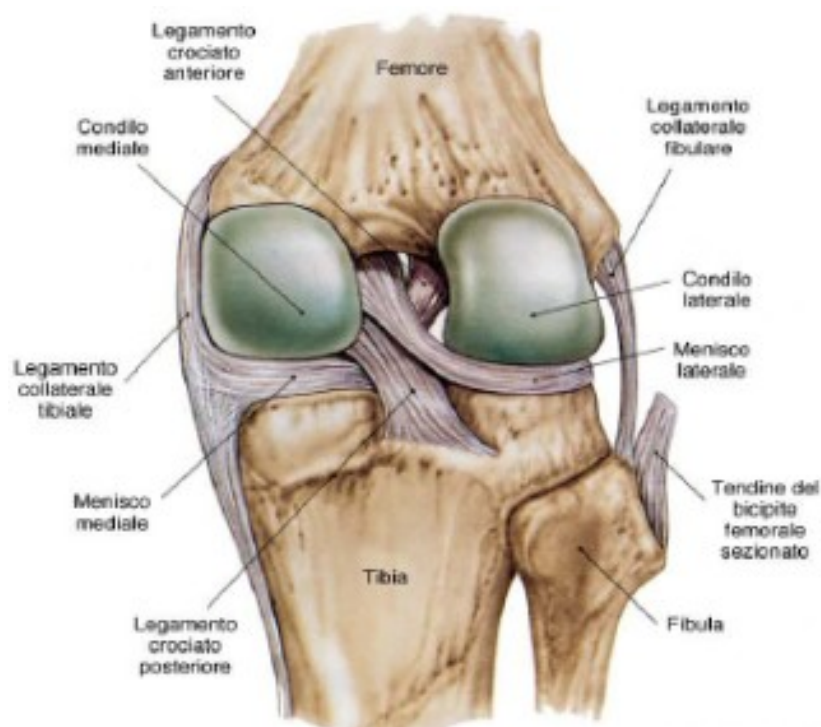


Fig.4: compartimento posteriore del ginocchio

Compartimento mediale

Le strutture di sostegno della regione mediale del ginocchio possono essere divise in *tre* strati.

Il primo, più superficiale si incontra subito al di sotto della cute. È delimitato dalla fascia che riveste il muscolo sartorio. Questo muscolo si inserisce in una rete di fibre fasciali e distalmente non presenta un'inserzione netta e distinta sulla tibia. Posteriormente, uno strato di tessuto adiposo separa lo strato più superficiale dalle strutture più profonde. I tendini del muscolo gracile e semitendinoso si trovano su un piano intermedio, tra il primo ed il secondo strato. Il *muscolo gracile* è un lungo

muscolo nastriforme che decorre lungo la faccia mediale della coscia, estendendosi dal bacino alla tibia.

Origina come un tendine largo ed appiattito, dalla faccia anteriore del ramo ischio-pubico, discende verso il basso, facendosi gradualmente più stretto, fino a formare un lungo tendine, il quale decorre posteriormente all'epicondilo mediale del femore, piega in avanti, inserendosi sulla parte superiore della faccia mediale della tibia, dove, insieme ai tendini terminali dei muscoli, sartorio e semitendinoso, partecipa alla costituzione della “*zampa d'oca*”.

Il muscolo gracile contraendosi adduce la coscia, quando questa è in estensione; e flette la gamba sulla coscia e la ruota medialmente.

Il *muscolo semitendinoso* è un lungo muscolo fusiforme, situato medialmente nella parte posteriore della coscia. Esso va dall'ischio alla tibia. Il muscolo semitendinoso origina dalla parte inferiore della tuberosità ischiatica, tramite un tendine che è unito a quello del capo lungo del muscolo bicipite femorale. Il suo ventre muscolare discende verticalmente; esso si continua con un lungo tendine terminale cilindrico, che passa dietro al condilo mediale del femore ed al condilo mediale della tibia, piega poi in avanti per raggiungere la parte alta della faccia mediale della tibia dove esso si inserisce, formando unitamente ai tendini terminali dei muscoli, sartorio e gracile, la “*zampa d'oca*”.

Il muscolo semitendinoso contraendosi, estende la coscia sul bacino e flette la gamba sulla coscia, ruotandola medialmente. Se fa perno sulla gamba, estende il bacino sulla coscia.

Ancora più posteriormente, nel primo strato è presente un rivestimento fasciale che ricopre i due capi del muscolo gastrocnemio e le strutture della fossa poplitea.

Il secondo strato è rappresentato dalle fibre più superficiali del legamento collaterale mediale (LCM), mentre il terzo strato è costituito dalle fibre profonde del legamento collaterale mediale.

Questo legamento è costituito da una striscia fibrosa larga ed appiattita, la cui estremità superiore si inserisce sull'epicondilo mediale del femore subito al di sotto del tubercolo dell'adduttore; da qui, portandosi in avanti ed in basso, va ad inserirsi, con la sua estremità inferiore sulla faccia mediale della tibia. Le sue fibre più superficiali si fondono con il retinacolo mediale della patella, mentre quelle più profonde vanno direttamente dal femore alla tibia e si inseriscono sul menisco mediale.

Compartimento laterale

Le strutture di sostegno del compartimento laterale del ginocchio sono state anch'esse descritte in 3 diversi strati.

Il primo strato è costituito dalla fascia superficiale: fascia lata, bendelletta ileo-tibiale e più posteriormente, dal bicipite femorale con la sua espansione.

Il secondo strato è formato anteriormente dal retinacolo del quadricipite e posteriormente è incompleto, essendo rappresentato dai due legamenti femoro-rotulei.

Il terzo strato è composto dalla capsula laterale. Posteriormente alla sovrastante fascia ileo-tibiale la capsula si divide in due lamine: la più profonda è formata dal legamento coronario o legamento arcuato, quella più superficiale rappresenta la capsula originale ed è formata dal legamento collaterale laterale.

Il legamento collaterale laterale è un cordone fibroso, ben definito rispetto alla porzione laterale e sottile della capsula fibrosa; è avvolto da un'espansione della fascia lata. Superiormente origina dall'epicondilo laterale del femore, anteriormente all'inserzione del gastrocnemio; inferiormente raggiunge la superficie laterale della testa della fibula, dividendo in due il tendine del bicipite femorale con il quale si fonde, assumendo così quest'ultimo una forma a "Y".

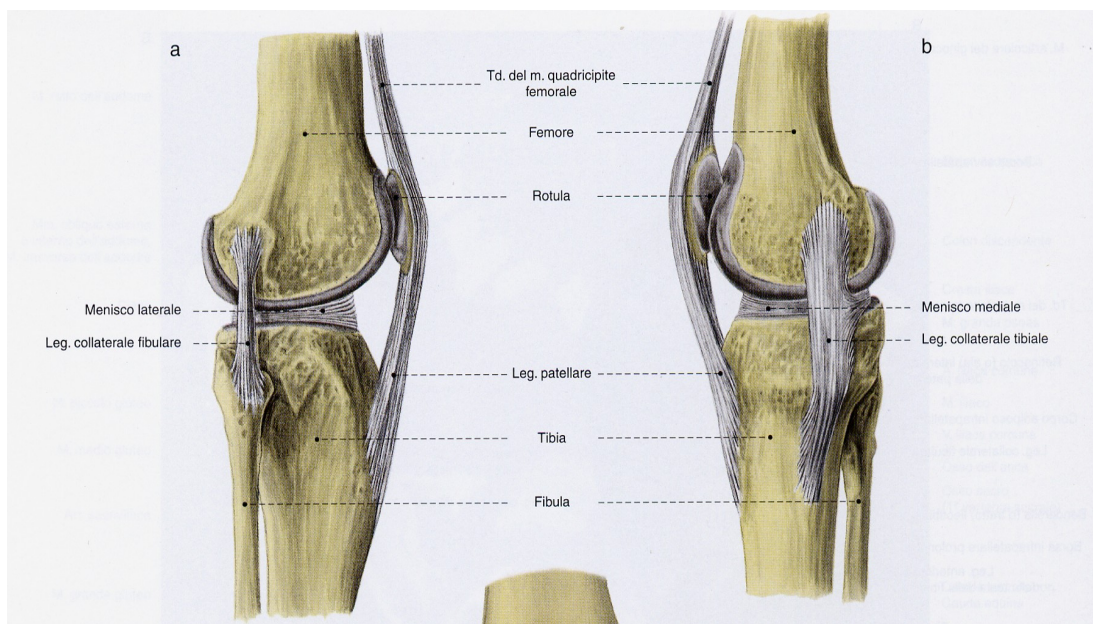


Fig5: strutture ligamentose del ginocchio

Pivot centrale

È costituito dal Legamento Crociato Anteriore (LCA) e dal Legamento Crociato Posteriore (LCP). La denominazione è dovuta alla traduzione in inglese del vocabolo “perno” ed infatti questi due legamenti rappresentano il punto centrale dei movimenti di flesso-estensione e di rotazione interna ed esterna del ginocchio. Tali legamenti sono chiamati “crociati” perché si incrociano tra loro sia nel piano frontale che nel piano sagittale.

Il legamento crociato anteriore (LCA) è costituito anatomicamente da due fasci: antero-mediale, che controlla la traslazione anteriore della tibia sul femore, ed un fascio postero-laterale che controlla le rotazioni; secondo altri autori possiamo inoltre distinguere un terzo fascio detto *intermedio*. Questa distinzione comunque ha soprattutto un valore didattico, poiché in realtà dobbiamo considerare il legamento crociato anteriore come costituito da un insieme di fibre, ognuna a comportamento pressoché indipendente.

La lunghezza del legamento crociato anteriore presenta una notevole variabilità, che dipende dall'individuo, ma anche dal metodo di misurazione. In media ha una lunghezza di 3,2 cm, misurata tra il centro dell'inserzione tibiale e il centro dell'inserzione femorale; una lunghezza minima tra la porzione posteriore dell'inserzione tibiale e quella anteriore dell'inserzione femorale di 1,8cm; una lunghezza massima di 3,9 cm misurata tra la porzione anteriore dell'inserzione tibiale e quella posteriore dell'inserzione femorale; l'LCA presenta un diametro medio di 7,9 mm al terzo superiore, 7,7 mm al terzo medio, 8,3 mm al terzo

inferiore; questa differenza nel diametro è dovuta alla torsione lungo il proprio asse che il legamento subisce durante il suo decorso e che gli fa assumere una caratteristica forma a clessidra.

Il legamento crociato anteriore è inclinato di circa 50° nel piano frontale e di circa 40° nel piano sagittale; questi sono valori calcolati con il ginocchio in estensione e rotazione neutra.

L'inserzione femorale del legamento crociato anteriore si trova nella parete mediale del condilo femorale laterale, sul fondo della gola intercondiloidea. Le sue fibre posteriori sfiorano il margine posteriore del condilo. La sua inserzione ha la forma di semiluna disposta verticalmente, valutata con il ginocchio in estensione.

L'area di inserzione tibiale viene sovente definita come regione prespinale.

In realtà tale area è abbastanza estesa, in modo tale che le fibre posteriori si trovano all'interno della gola intercondiloidea, mentre le fibre anteriori si inseriscono sulla tibia circa 1 cm al davanti di questa regione.

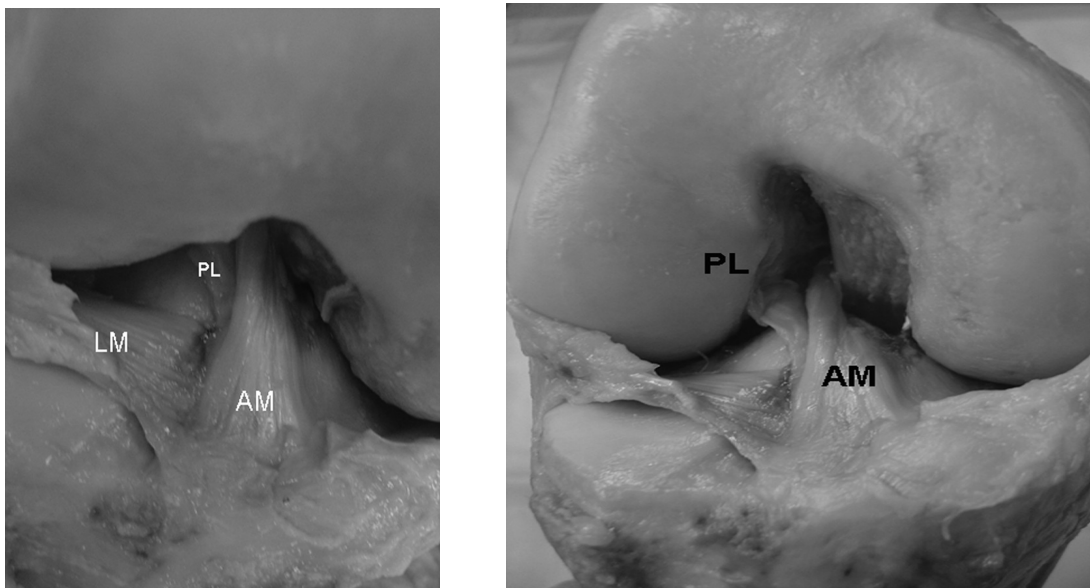


Fig 6: particolare del legamento crociato anteriore

Il legamento crociato posteriore (LCP) è costituito da una porzione anteriore, da una porzione posteriore e da due incostanti fasci fibrosi che lo connettono con il menisco laterale: il legamento di Humphry, teso tra la porzione anteriore dell'inserzione femorale del legamento crociato posteriore ed il corno posteriore del menisco laterale, ed il legamento di Wrisberg teso tra la porzione posteriore dell'inserzione femorale del legamento crociato posteriore ed il corno posteriore del menisco laterale.

Il legamento crociato posteriore è rivestito da una membrana sinoviale molto più spessa di quella che riveste il legamento crociato anteriore; nella quale decorrono vasi e nervi.

Il legamento crociato posteriore ha lunghezza media di 3,6 cm, lunghezza minima di 2,5 cm, lunghezza massima di 4,4 cm e diametro di 10,6 mm nel suo terzo prossimale, 9,9 mm nel terzo medio, e 10,7 mm nel terzo distale.

Questo legamento è inclinato di circa 60° nel piano frontale, e presenta un'angolazione di 40° nel piano sagittale con ginocchio in estensione, per poi diventare quasi verticale in flessione, circa 90° di inclinazione.

L'inserzione femorale si trova sulla parete laterale del condilo femorale mediale, nella gola intercondiloidea. Le fibre anteriori si trovano a circa 3 mm dalla parte anteriore del condilo femorale mediale. Quindi, rispetto all'inserzione femorale del LCA, si trova sul lato opposto della gola intercondiloidea e più anteriormente.

L'inserzione tibiale avviene sulla porzione posteriore e mediana della superficie articolare tibiale.

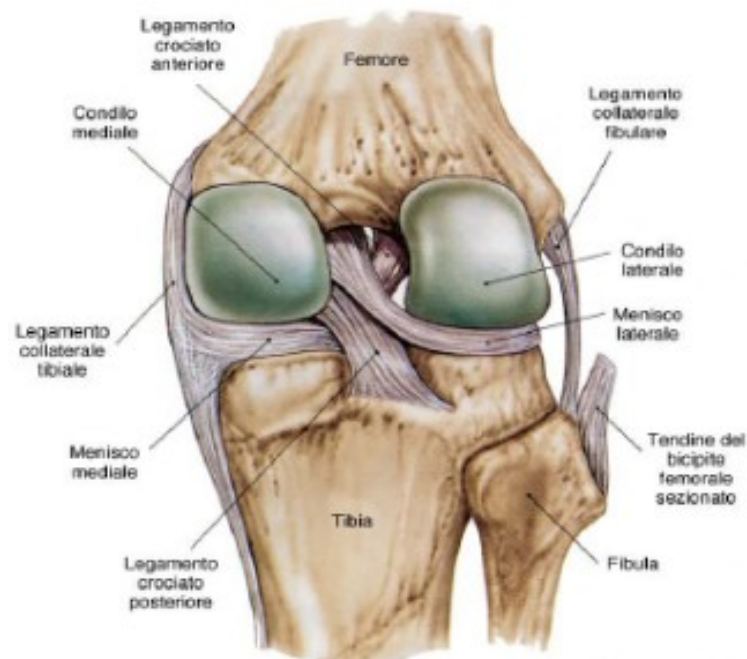


Fig 7: compartimento posteriore del ginocchio con legamento crociato posteriore

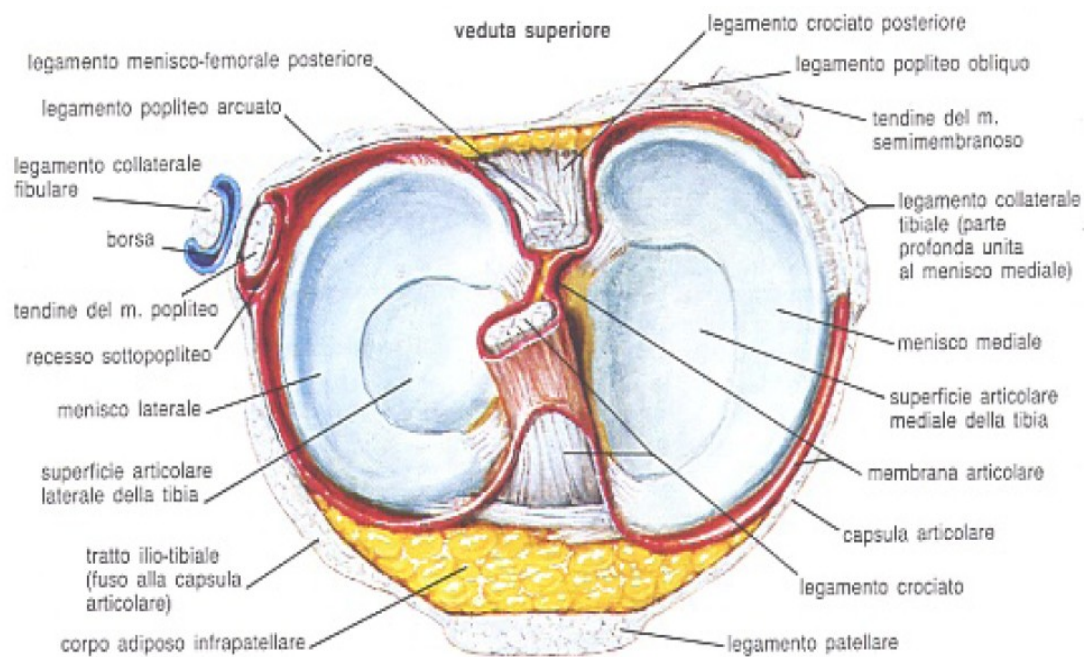


Fig 8: immagine della superficie articolare della tibia

Le superfici articolari

Il femore partecipa all'articolazione con la superficie patellare anteriore, foggata a troclea, e con le superfici articolari dei condili laterale e mediale; ricoperte di cartilagine ialina, costituendo le superfici articolari per la tibia. Le superfici articolari dei due condili del femore convergono verso l'alto dando luogo alla faccia rotulea, rivestita anch'essa di cartilagine ialina per l'articolazione con la rotula; posteriormente sono invece separate fra di loro da una profonda depressione, la fossa o gola intercondiloidea. Sporgente di lato, al di sopra del condilo laterale, vi è un rilievo che è detto epicondilo laterale; al di sopra del condilo mediale, vi è pure un rilievo che sporge medialmente ed è chiamato epicondilo mediale; supero-posteriormente all'epicondilo mediale si trova poi il tubercolo dell'adduttore grande, sul quale prende inserzione il tendine dell'omonimo muscolo.

La patella o rotula partecipa all'articolazione con la sua superficie posteriore, la quale si adatta bene alla superficie patellare del femore, variando la sua superficie di contatto a seconda della posizione del ginocchio.

Per meglio comprendere, guardiamo la superficie articolare della patella, la quale risulta essere di forma ovalare, ed è suddivisa in un'area laterale più grande e in un'area centrale più piccola e da una cresta verticale arrotondata. Il rivestimento cartilagineo rivela un'ulteriore suddivisione della superficie, poiché, su ciascun lato della cresta verticale si trovano due piccole creste trasversali che definiscono tre faccette per lato; un'altra cresta verticale poco evidente delimita la porzione

perpendicolare mediale dell'area mediale; nella flessione estrema, tale faccetta mediale chiamata anche “insolita” in gergo ortopedico, giace sulla faccetta semilunare del condilo femorale mediale, nella massima estensione, le altre faccette si connettono alla superficie articolare patellare del femore, sequenzialmente dall'alto verso il basso. Nella massima estensione la patella tende peraltro ad essere spostata lateralmente tanto che si può parlare di leggera sublussazione verso l'esterno. Ciò è prevenuto parzialmente dalla cospicua superficie patellare laterale del femore e in parte dall'azione del muscolo vasto mediale, il quale è inserito sul margine mediale della stessa patella.

La tibia partecipa all'articolazione con la sua estremità superiore che è molto voluminosa. Costituita da due masse unite lungo la linea mediana, che sono denominate condili tibiali, rispettivamente mediale e laterale.

Ciascun condilo presenta sulla superficie superiore, una cavità poco accentuata, detta cavità glenoidea, che è rivestita di cartilagine ialina ed è deputata all'articolazione con il rispettivo condilo femorale. Tra le due cavità glenoidee si solleva una zona non articolare e scabrosa: *la cresta intercondiloidea*, che presenta due rilievi, i tubercoli intercondiloidei mediale e laterale. Anteriormente e posteriormente questa eminenza si trovano rispettivamente le fossette intercondiloidee anteriore e posteriore. Infine sul contorno laterale del condilo laterale della tibia vi è la faccia articolare fibulare, per l'articolazione con la testa della fibula.

I menischi

Alla marcata convessità dei condili femorali non corrisponde una analoga concavità delle cavità glenoidee, quindi per avere armonia anatomica e stabilità articolare vi sono sulla superficie articolare tibiale due menischi intercalari fibrocartilaginei di forma semilunare, uno laterale e l'altro mediale, entrambi di sezione triangolare.

I menischi sono due lamine fibrocartilaginee semilunari, che rendono più ampie le superfici articolari tibiali delle cavità glenoidee; così da ottenere una congruenza migliore con la superficie articolare dei condili femorali. Il loro margine aderente periferico è spesso, quello sottile è libero e concavo. La porzione periferica dei menischi è vascolarizzata da anse capillari provenienti dalla capsula fibrosa e dalla sinovia; quella interna è invece priva di vasi. Ciascun menisco copre approssimativamente i due terzi periferici della superficie articolare tibiale.

Il menisco mediale, a forma di "C" aperta, si fissa col suo corno anteriore sulla regione intercondiloidea anteriore della tibia, davanti al legamento crociato anteriore; il corno posteriore s'inserisce sull'area intercondiloidea posteriore, fra il legamento crociato posteriore e il corpo posteriore del menisco laterale.

I due corni del menisco laterale s'inseriscono al davanti e all'indietro dell'eminanza intercondiloidea, formando un cerchio quasi completo. La porzione postero-laterale del menisco presenta un recesso sinoviale che riveste il tendine del muscolo popliteo, lo "Iatus Popliteo". Inoltre, dal corno posteriore del menisco laterale partono i legamenti menisco-femorali di Humphry e Wrisberg.

Le porzioni anteriori dei due menischi sono unite da una striscia fibrosa di spessore variabile, il legamento trasverso del ginocchio.

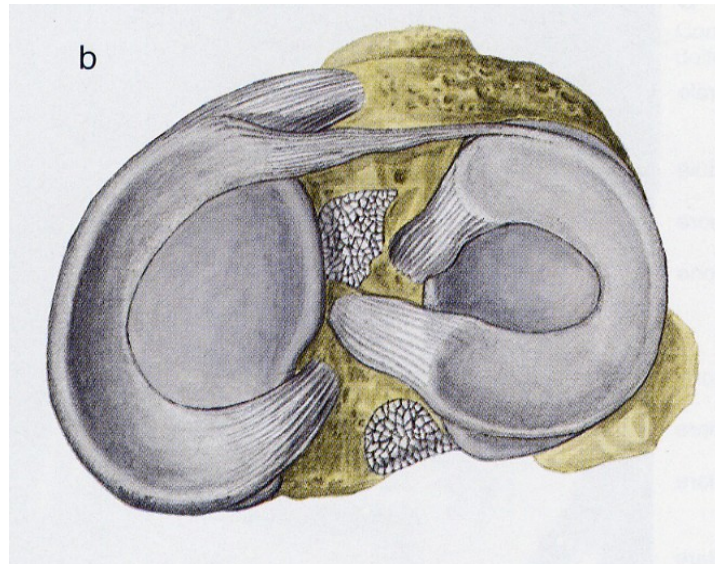


Fig 9: immagine delle cavità glenoidee con i rispettivi menischi

Vasi e nervi del ginocchio

L'**irrorazione** sanguigna del ginocchio è data dall'*arteria poplitea* e dai rami che dipartono dall'*arteria suprema del ginocchio*.

L'*arteria suprema del ginocchio* nasce dall'*arteria femorale* al livello del canale degli adduttori e fornisce, un ramo superficiale che attraversa la parete del canale stesso insieme al nervo safeno e si distribuisce alla superficie cutanea mediale del ginocchio, e un ramo profondo che discende verso il condilo mediale del femore, partecipando alla formazione della rete articolare del ginocchio.

L'*arteria poplitea* origina a livello dello iato tendineo adduttorio come diretta continuazione dell'*arteria femorale*. Essa discende verticalmente lungo l'asse longitudinale della cavità poplitea, fino a raggiungere l'arcata del soleo; dove si divide nei suoi due rami terminali: l'*arteria tibiale anteriore* e l'*arteria tibiale posteriore*. Nel suo decorso all'interno della cavità poplitea è accompagnata dalla *vena poplitea*, che è posta più superficialmente e lateralmente, dal *nervo ischiatico* e dal *nervo tibiale*, che sono posti superficialmente alla *vena poplitea*.

L'*arteria poplitea* emette, lungo il suo decorso, i seguenti rami collaterali: due ***arterie articolari superiori del ginocchio***, una *mediale* e l'altra *laterale*, due ***arterie articolari inferiori del ginocchio***, anche queste, *mediale e laterale*, che provvedono alla costituzione della rete vascolare articolare del ginocchio; l'***arteria articolare media del ginocchio***, che perfora posteriormente la capsula articolare del ginocchio e si distribuisce ai legamenti crociati dell'articolazione del ginocchio; le ***arterie surali o arterie gemelle***, *mediale e laterale*, che vanno ai muscoli gemelli del muscolo tricipite surale.

L'*arteria tibiale anteriore*, oltre a rami muscolari, emette le ***arterie ricorrenti tibiali***, *anteriore e posteriore*, per la rete articolare del ginocchio.

Per quanto riguarda la circolazione venosa, la *vena poplitea* che ha inizio a livello dell'arcata del soleo, dalla confluenza delle due *vene tibiali anteriori* e delle due *vene tibiali posteriori*, che risalgono dalla gamba in rapporto con le arterie omonime, rappresentano i tratti ultimi delle sue radici d'origine. La *vena poplitea* sale longitudinalmente nella cavità poplitea, più in superficie rispetto all'*arteria poplitea*, e raggiunge lo iato tendineo adduttorio, dove si immette nella *vena femorale*.

L'**innervazione** del ginocchio è identificata da due diversi gruppi di fibre nervose afferenti; il primo, più posteriore, include la *branca articolare posteriore, del nervo tibiale e del nervo otturatore*, il secondo gruppo è anteriore e comprende la *branca articolare, del nervo femorale, del n. peroneo comune e del n. safeno*.

Il *nervo tibiale (nervo popliteo mediale o interno)* origina dal *nervo sciatico* circa a metà coscia. Decorre attraverso il cavo popliteo poggiando sul tessuto adiposo della fascia profonda. Più distalmente si rende profondo tra i due capi del muscolo gastrocnemio. Le *branche muscolari* innervano entrambi i capi del muscolo gastrocnemio, i muscoli plantari, il muscolo soleo ed il muscolo popliteo, a queste si deve aggiungere la presenza di altre e numerose branche articolari. Comunque la branca nervosa di maggior calibro è costituita dal *nervo articolare posteriore*, che emerge dal cavo popliteo, decorre lateralmente per poi farsi profondo e raggiungere il *plesso popliteo*. Alcune fibre nervose di questo plesso, perforano il legamento popliteo obliquo per andare ad innervare la capsula articolare posteriore perimeniscale e la membrana sinoviale che avvolge i legamenti crociati.

La *branca terminale del nervo otturatore* fornisce il suo contributo al *plesso popliteo* e di conseguenza partecipa anch'essa all'innervazione della capsula e dei menischi.

La capsula e i legamenti delle regioni antero-mediale e antero-laterale del ginocchio sono innervate dal gruppo anteriore afferente, in particolare dalle *branche articolari dei nervi*, che innervano il muscolo quadricipite.

Il *nervo safeno* origina dal fascio posteriore del *nervo femorale*; nel suo decorso il *nervo safeno* perfora la fascia profonda del compartimento mediale del ginocchio tra i tendini del muscolo gracile e del muscolo sartorio. La *branca nervosa*

infrapatellare attraversa il muscolo sartorio e va al *plesso patellare*, innervando anche il legamento rotuleo e la zona antero-mediale della cute.

Il *nervo peroneo comune* o *popliteo esterno* entra nel cavo popliteo lateralmente al *nervo tibiale* e decorre distalmente lungo il margine mediale del tendine del muscolo bicipite femorale.

La branca cutanea è rappresentata dal *nervo surale comunicante*. Altri due rami articolari sono il *nervo articolare laterale* che innerva la capsula laterale ed inferiore ed il legamento collaterale laterale, ed il *nervo peroneo ricorrente* che entra antero-lateralmente nell' articolazione.

3. LINEE DI DIFESA ANATOMICHE (LDA)

Le linee di difesa anatomiche vengono schematicamente classificate in **attive** e **passive**: le linee di difesa anatomiche **attive**, sono costituite dai muscoli che agiscono sul ginocchio, mentre le linee di difesa anatomiche **passive**, sono rappresentate dalle strutture ligamentose.

Linee di difesa anatomiche attive:

a) contro l'estensione ed iperestensione: muscolo gemello esterno e muscolo popliteo, lateralmente; muscoli, sartorio, gracile, semitendinoso, semimembranoso, gemello interno, medialmente.

b) contro il movimento di flessione: muscolo quadricipite femorale e muscolo tensore della fascia lata.

c) contro la varizzazione: muscolo tensore della fascia lata.

d) contro la valgizzazione: muscoli sartorio, gracile e semitendinoso.

e) contro la rotazione interna: muscolo bicipite femorale e tensore della fascia lata.

f) contro la rotazione esterna: muscolo quadricipite femorale, muscolo sartorio, muscolo gracile, muscolo semitendinoso, muscolo semimembranoso, muscolo popliteo.

g) contro il “cassetto anteriore”: muscolo bicipite femorale, gemelli interno ed esterno, m.popliteo, m.sartorio, m.gracile, m.semitendinoso, m.semimembranoso.

h) contro il “cassetto posteriore”: muscolo quadricipite femorale, muscolo tensore della fascia lata.

Linee di difesa anatomiche passive

a) contro il movimento di varizzazione:

A ginocchio esteso: legamento collaterale laterale, tendine del muscolo popliteo e legamenti crociati (anteriore e posteriore).

A ginocchio flessa: legamento collaterale laterale.

b) contro il movimento di valgizzazione.

A ginocchio esteso la prima linea di difesa rappresentata dal legamento collaterale mediale; la seconda linea di difesa è invece rappresentata da legamento crociato anteriore, capsula posteriore e legamento obliquo posteriore; la terza linea è il

legamento capsulare interno medio; la quarta linea è il legamento crociato posteriore.

A ginocchio flessso i movimenti di valgizzazione sono contrastati dal legamento collaterale mediale e dai legamenti crociati.

c) contro l'iperestensione del ginocchio:

I linea: legamento crociato anteriore.

d) contro il cosiddetto “cassetto anteriore”, ovvero la dislocazione anteriore della tibia.:

- *a gamba in rotazione neutra:* legamento crociato anteriore.

- *a gamba in rotazione esterna:* legamento crociato anteriore e legamento collaterale mediale.

e) contro il “cassetto posteriore”, cioè contro i movimenti di dislocazione posteriore della tibia: legamento crociato posteriore.

II linea: capsula posteriore e legamento crociato posteriore.

f) contro la rotazione interna della gamba

A ginocchio flessso:

I linea: legamento crociato anteriore e posteriore.

II linea: legamento collaterale laterale.

III linea: tendine del muscolo popliteo e bandelletta ileo-tibiale di Maissiat.

A ginocchio esteso:

I linea: legamento crociato anteriore.

II linea: legamento collaterale laterale, tendine del muscolo popliteo e bandelletta di Maissiat.

III linea: legamento crociato posteriore.

g) contro la rotazione esterna della gamba

A ginocchio flesso:

I linea: legamento collaterale mediale.

II linea: legamento crociato anteriore.

III linea: tendine del muscolo popliteo e legamento collaterale mediale.

A ginocchio esteso: legamento collaterale mediale e legamento crociato anteriore.

4. BIOMECCANICA

Anche se l'articolazione del ginocchio viene spesso considerata solo nella sua parte ossea, le sue caratteristiche meccaniche e funzionali sono le risultanti di un effetto coordinato della componente ossea, ligamentosa e muscolare.

L'articolazione del ginocchio svolge il movimento principale di flesso-estensione secondo un asse trasversale che passa per i condili femorali. Sono anche possibili però modesti movimenti di rotazione, secondo un asse verticale, e di inclinazione laterale possibili solamente a ginocchio flesso.

A ginocchio esteso, l'asse del femore forma con l'asse della gamba, un angolo aperto lateralmente di 175° detto valgismo fisiologico del ginocchio.

L'escursione posseduta, dalla estensione massima ad una flessione completa, ottenuta con le sole forze muscolari è attorno ai 120°-140° ed è condizionata dalla flessione

dell'anca; se si utilizzano anche forze esterne, la flessione può guadagnare circa 30° in più.

Durante il movimento di **flessione**, inizialmente i condili femorali ruotano sulla superficie articolare tibiale, mentre alla fine di tale movimento, quasi esclusivamente scorrono su essa (rotolamento/scivolamento); in questo caso è il condilo laterale a ruotare di più.

Durante il movimento di **rotazione**, è presente la cosiddetta rotazione esterna automatica; cioè durante l'estensione della gamba, questa ruota lateralmente di circa 5°.

Passivamente invece è possibile, con ginocchio flesso a 90°, una rotazione esterna massima di ca. 40°-45° ed una rotazione interna massima di 30°-35°. Questi movimenti di rotazione sono limitati dai legamenti crociati, dai legamenti collaterali e dai menischi.

Il ginocchio è in realtà composto da tre articolazioni: femorotibiale, femororotulea, tibioperoneale; l'equilibrio articolare non è determinato soltanto da interazioni locali, ma anche dalle forze trasmesse all'articolazione dalle strutture ossee e muscolari, soprastanti (dal tronco tramite il bacino, femore e muscolatura della coscia) e sottostanti (caviglia, piede e muscoli della gamba).

La **stabilità del ginocchio** è assicurata dalla capsula e dai legamenti:

- i *legamenti collaterali laterale e mediale*, assicurano la stabilità in latero-laterale, controllando i momenti in varo e valgo;

- i *legamenti crociati anteriore e posteriore*, assicurano la stabilità antero-posteriore, in particolare il legamento crociato anteriore, dalla cresta intercondiloidea tibiale al condilo femorale laterale, impedisce soprattutto la traslazione anteriore della tibia rispetto al femore; il legamento crociato posteriore va dalla giunzione posteriore dei condili tibiali al condilo femorale mediale impedendo la traslazione anteriore del femore rispetto alla tibia.
- I *menischi*, oltre a rendere più profonde le superfici articolari rappresentate dalle cavità glenoidee, contribuiscono all'assorbimento del 50% del carico in estensione ed l' 85% in flessione, conferendo elasticità e quindi ulteriore stabilità al sistema.

L'articolazione femoro-rotulea è sotto il controllo di diverse strutture muscolari e legamentose: la rotula è in equilibrio tra la tensione assiale del muscolo quadricipite femorale con il suo tendine e il tendine rotuleo, tra la tensione laterale del tratto ileo tibiale, del retinacolo laterale della patella e dei legamenti femoro-rotulei e la tensione mediale del muscolo vasto mediale obliquo, del retinacolo mediale della patella e dei legamenti femoro-rotulei mediali. Ne risulta alla fine, una forza compressiva contro il femore, detta forza di reazione articolare femoro-rotulea, che aumenta dalla stazione eretta (0.5 x peso corporeo), alla salita di scale (3.3 x peso corporeo), allo squatting (8 x peso corporeo).

Meccanica e Movimenti

Grazie all'azione stabilizzante dei legamenti, l'articolazione del ginocchio, che per la sua struttura scheletrica avrebbe sei gradi di libertà, può essere considerata fondamentalmente un'articolazione a due gradi di libertà: una di *rotazione intorno ad un asse trasversale* (latero-mediale): la **flesso-estensione**, ed una lieve *rotazione intorno ad un asse longitudinale*: la **rotazione interna-esterna**. Il primo movimento è più importante in termini di ampiezza e funzionalità rispetto al secondo, il quale può avvenire solamente quando il ginocchio è in flessione. L'articolazione del ginocchio può essere assimilata ad una cerniera semplice, ma è solo con studi di cinematica che si possono comprendere tutte le forze, le tensioni ed i movimenti completi di questa articolazione.

Dal punto di vista meccanico, l'articolazione del ginocchio è sorprendente, infatti deve soddisfare due “imperativi” che si contraddicono:

1. possedere grande stabilità in estensione completa, posizione in cui il ginocchio è sottoposto ad importanti sollecitazioni dovute al carico del peso del corpo ed alla lunghezza dei bracci di leva;
2. possedere una grande mobilità a partire da un determinato angolo di flessione, cioè ampiezza di movimento necessaria durante il cammino, la corsa e per un sicuro appoggio del piede in relazione alle asperità del terreno.

Queste condizioni contraddittorie vengono soddisfatte grazie a soluzioni meccaniche estremamente avanzate; tuttavia l'esigua superficie di contatto determina un debole

innesto delle superfici articolari, condizione necessaria per una grande mobilità, ma nel contempo espone l'articolazione a distorsioni e lussazioni.

1. La **FLESSO-ESTENSIONE** è il movimento principale del ginocchio.

L'***estensione*** viene definita come il movimento che allontana la superficie posteriore della gamba dalla superficie posteriore della coscia.

L'***estensione relativa*** è il movimento che completa l'estensione del ginocchio a partire da qualsiasi posizione di flessione; è il movimento che normalmente viene effettuato durante il cammino quando l'arto si sposta in avanti per prendere contatto con il suolo.

La ***flessione*** è il movimento che avvicina la faccia posteriore della gamba, alla faccia posteriore della coscia.

La ***flessione relativa*** è il movimento che completa la flessione a partire da qualsiasi posizione di flessione.

L'ampiezza della flessione del ginocchio è differente a seconda della posizione dell'anca e secondo le modalità del movimento stesso.

Nella ***flessione*** volontaria la gamba può essere spostata di 140° circa a partire dalla posizione di massima estensione. Questo arco può essere anche incrementato, fisiologicamente quando si compie un movimento forzato o quando si assume una posizione accosciata, oppure mettendo forze esterne nel movimento di flessione.

In questa situazione di flessione massima, le superfici posteriori dei condili femorali si articolano con le porzioni posteriori della faccia articolare della tibia, e con le

porzioni corrispondenti dei menischi.

La **flessione** passiva ha un'ampiezza di 160° e permette al tallone di andare in contatto con il gluteo. Questo parametro è molto importante anche nella valutazione clinica della capacità di flessione del ginocchio.

2. Il movimento di **ROTAZIONE** della gamba attorno al suo asse longitudinale può essere effettuata fisiologicamente solamente quando il ginocchio è flesso. Comunque, la rotazione rappresenta un movimento di entità limitata nell'articolazione del ginocchio.

La **rotazione interna** porta la punta del piede medialmente ed è una componente importante nel movimento di adduzione del piede.

La **rotazione esterna** porta la punta del piede lateralmente ed interviene nel movimento di abduzione dello stesso.

Esiste infine, come già menzionato nei precedenti paragrafi una rotazione assiale detta **rotazione automatica**, che avviene fisiologicamente al termine dell'estensione. Consiste nella rotazione della tibia di circa 5° lateralmente a femore fermo. Avviene intorno ad un asse di rotazione che passa vicino all'inserzione del legamento crociato anteriore, sull'area intercondiloidea mediale. Intorno a questo asse il condilo laterale ruota in direzione ventrale, mentre il condilo mediale, solo di poco, in direzione dorsale.

La rotazione automatica è dovuta, sia alle differenze di forma delle superfici articolari, in quanto il condilo mediale è più lungo del laterale, sia a causa della tensione del fascio antero-mediale del legamento crociato anteriore. In questo modo il piatto tibiale mediale viene spostato verso il condilo femorale laterale (rotazione

esterna della gamba).

3. L'azione combinata dei legamenti crociati e collaterali costringe l'articolazione del ginocchio ad un movimento combinato di *rotolamento/scivolamento*; infatti durante il movimento di *flessione*, le due superfici articolari presentano la medesima superficie di contatto. Queste si spostano dorsalmente all'aumentare della flessione. Poiché il percorso sul femore è chiaramente maggiore di quello sulla tibia, occorre che, oltre al movimento di rotolamento, avvenga anche quello di scivolamento. Perciò le distanze fra i punti di contatto sul femore sono maggiori che sulla tibia. All'inizio della flessione il rotolamento-scivolamento corrisponde ad un rapporto 2:1, cioè il tragitto sul femore è quasi il doppio di quello sulla tibia. Verso la fine del movimento di flessione, il tragitto sul femore è quattro volte più grande di quello sulla tibia, il che corrisponde ad un rapporto 4:1. Man mano che la posizione cambia da *flessione ad estensione*, i condili femorali ruotano in avanti ed allo stesso tempo scivolano verso l'indietro al di sopra della tibia. Ciò avviene in effetti quando la tibia resta immobile, ad esempio come quando ci si alza da una sedia con i piedi ben piantati al suolo.

Si può dire che il femore, quando si porta in estensione completa, stabilisce un contatto sempre più ampio con la tibia.

Poco prima di raggiungere la massima estensione, la superficie tibiale del condilo femorale laterale è quasi esaurita, anche se la parte anteriore obliqua della stessa superficie sul condilo mediale deve ancora entrare in gioco. Mentre il condilo laterale completa il suo avanzamento, il condilo mediale scivola all'indietro fino a che la suddetta porzione obliqua giunge in contatto con la tibia. Questo slittamento

all'indietro, avviene attorno ad un asse verticale, cosicché si ha una certa rotazione mediale del femore. Il moto viene bloccato dalla messa in tensione dei legamenti collaterali.

Con il ginocchio in estensione completa, qualsiasi rotazione è resa impossibile dalla tensione dei legamenti collaterali e crociati. Nelle altre posizioni, invece, è possibile una modica rotazione attiva della gamba attorno ad un asse verticale.

Menischi

Anche i **menischi** intercalari subiscono delle modificazioni steriche durante i movimenti di flesso-estensione:

Durante la flessione vengono spostati dorsalmente dai condili femorali. I fattori attivi che nel movimento determinano lo spostamento, sono il muscolo semimembranoso dal lato mediale, e il muscolo popliteo lateralmente.

In estensione vengono spinti ventralmente dai condili femorali sui piatti tibiali.

Nel complesso il menisco mediale percorre una distanza di 6 mm, mentre il laterale, essendo più mobile, subisce uno spostamento doppio, circa 12 mm. Comunque i menischi si deformano durante il movimento per la fissità dei corni e la mobilità delle altre componenti meniscali.

Muscoli

Come in tutto l'apparato muscolo scheletrico e quindi anche nel complesso articolare del ginocchio i muscoli svolgono la duplice funzione di stabilizzatori e di motori dei segmenti corporei.

E' a livello del ginocchio che si verifica la propagazione del peso corporeo alla gamba, il ginocchio ha anche quindi un importante compito statico. Tuttavia le forze agenti sulle superfici articolari non sono limitate alla semplice reazione della forza peso, in quanto devono bilanciare, anche le componenti derivanti dall'azione dei muscoli, affinché gli elementi dell'articolazione siano in equilibrio.

L'attività muscolare attorno ad un'articolazione è in grado di produrre forze di contatto (attrito) al suo interno notevolmente superiori a quella esercitata dal peso del corpo o di un segmento corporeo.

Il Sistema Ginocchio

Sotto il profilo funzionale, l'analisi della cinematica e delle sollecitazioni non possono prescindere dal comportamento motorio globale dell'intero corpo.

Come abbiamo già detto, il ginocchio è un punto di trasmissione e distribuzione di pressioni e forze che provengono dalla parte superiore del corpo e dalle forze di contatto al suolo.

Dobbiamo valutare il ginocchio, come tutte le articolazioni, nei termini di complesso articolare, cioè di struttura complessa, formata da parti anatomiche di natura diversa, rigide in compressione, come la parte ossea, ed elastiche e/o contrattili in trazione,

come i legamenti ed i muscoli. Il compito dell' apparato muscolo-legamentoso è fondamentale nella ripartizione corretta delle sollecitazioni, e va quindi considerata basilare nella meccanica del ginocchio, la coordinazione tra le diverse parti muscolari del quadricipite e tra il quadricipite e i flessori; difatti l'assenza di coordinazione tra questi comparti muscolari, come le condizioni di ipertonìa o ipotonìa muscolare, sono causa di sollecitazioni distribuite in modo non fisiologico e conseguente patologia dolorosa.

Ulteriormente, vanno considerate le anche le sollecitazioni in varo o valgo ed in flessione o in estensione, che provengono ad esempio dall'organizzazione del passo (prevalenza del pendolo laterale o del pendolo frontale, forze di torsione, pronazione di caviglia, ecc.).

In ultima analisi, il comportamento del ginocchio va analizzato come snodo di una complessa ed estesa rete di elementi sollecitati e sollecitanti, sia in trazione, sia in compressione, che deve contemporaneamente assolvere al compito di distribuire correttamente le sollecitazioni e di coordinare le funzioni di mobilità.

5. CLASSIFICAZIONE ED ETIOPATOGENESI

E'abbastanza frequente che una sollecitazione eccessiva dell'articolazione in questione oltre il limite fisiologico della sua qualità, provochi una lesione delle sue strutture capsulo-ligamentose.

I contesti più classici in cui avvengono questi traumi sono le attività sportive, in particolare il calcio (soprattutto a 5), rugby, sci, pallavolo; ed è per questo, che statisticamente, la categoria più a rischio per questa patologia traumatica è rappresentata dai maschi di età compresa tra i 18 e 30 anni.

Il trauma distorsivo, a seconda dell'intensità, possono essere distinte didatticamente in: distorsione lieve, moderata o grave, cioè rispettivamente di 1°, 2° o 3° grado.

1° grado: si tratta di una semplice distensione delle strutture capsulo-ligamentose.

In pratica il legamento viene allungato oltre la sua normale riserva di elasticità che è di circa il 5% della sua lunghezza. Macroscopicamente esso rimane integro e l'articolazione conserva la sua stabilità, poiché la lacerazione è soltanto di un numero limitato di fibre, la lesione è quindi da definire microscopica. Tuttavia questo tipo di lesioni solitamente sono molto dolorose, in quanto si ha stiramento di fibre nervose sensitive locali.

2° grado: In questo grado di lesione c'è un numero maggiore di fibre lacerate, con conseguente riduzione della resistenza meccanica del legamento. L'articolazione resta comunque stabile. Il dolore nel trauma è notevole.

3° grado: è la condizione più critica; si ha rottura completa delle strutture capsulo-ligamentose. Di conseguenza, il legamento o i legamenti interessati perdono l'integrità anatomica e la propria funzione cosicché l'articolazione diventa instabile. Per meglio distinguere e delimitare i diversi quadri, ci siamo serviti di una scala di riferimento per giudicare il livello di lassità dell'articolazione stessa:

Lassità lieve: se le superfici articolari si distanziano tra loro meno di 5 mm;

Lassità moderata: se le superfici articolari si distanziano tra loro in misura compresa tra 5 e 10 mm;

Lassità grave: se la distanza è superiore a 10 mm.

Le strutture capsulo-ligamentose hanno stretti rapporti anatomici e funzionali, per questo molte lesioni si presentano spesso associate, anche se nel quadro clinico può esserci la predominanza di una lesione piuttosto che di un'altra.

Tuttavia a scopo didattico possiamo fare una suddivisione delle lesioni in quattro gruppi:

1. *lesioni del compartimento mediale o interno*
2. *lesioni del compartimento laterale o esterno*
3. *lesioni del perno centrale o*
4. *lesioni globali*

Lesioni del compartimento mediale

Causate generalmente da una forzata rotazione esterna della gamba o da una forzata rotazione interna del femore mentre il piede è bloccato a terra col al suolo.

I movimenti di rotazione possono essere associati a movimenti di valgizzazione.

Se vengono considerate le lesioni isolate, possiamo far riferimento alla classificazione di Palmer (1938) riferita al legamento collaterale interno, ma applicabile anche agli altri legamenti (collaterale esterno e legamenti crociati):

- rottura completa sull'inserzione femorale (con o senza distacco di frammento osseo); è la più frequente tra le rotture complete (40-45%);
- rottura completa a livello dell'inserzione tibiale; (35-40%);
- rottura completa in pieno tessuto ligamentoso, a volte in corrispondenza della rima articolare (10-20%);
- rottura incompleta del legamento, con le fibre stirate o dissociate.

Ma, come già detto, sono le lesioni complesse le più frequenti e sono spesso associate a lesioni del menisco mediale, a causa delle connessioni di quest'ultimo con la capsula articolare.

Le lesioni complesse più facilmente riscontrabili sono:

la triade maligna di O' Donoghue: in cui sono interessati il *collaterale mediale*, *crociato anteriore* e *menisco mediale*;

la pentade maligna di Trillat: dove sono colpiti *collaterale mediale*, *i due legamenti crociati*, *menisco mediale*, *capsula postero-interna*.

lesioni laterali

Sono meno frequenti rispetto a quelle del compartimento interno. Ciò è dovuto a motivi anatomici e patogenetici.

Il movimento patogenetico può essere rappresentato da una forzata di varizzazione associata a rotazione interna della gamba, o da un movimento di forzata rotazione esterna del femore, mentre la gamba è bloccata con il piede al suolo. Comunque, il solo meccanismo di varizzazione è poco frequente, perché ostacolato dall'arto controlaterale ed inoltre, il compartimento esterno è più protetto di quello interno contro movimenti anomali, per la presenza di elementi anatomici quali la bendelletta di Maissiat e i tendini del muscolo popliteo e del muscolo bicipite femorale.

La lesione più frequente è a carico del legamento collaterale laterale, il quale può presentare:

- rottura completa a livello dell'inserzione fibulare, con distacco eventuale dell'apice della testa della fibula;
- rottura completa a livello del corpo ligamentoso;
- rottura, con distacco o meno di frammento osseo, a livello dell'inserzione femorale;
- rottura incompleta, o semplice stiramento.

Analogamente a quanto si è visto nel compartimento interno, è difficile osservare una lesione di una singola struttura.

Anche qui abbiamo come lesioni complesse più frequenti, **la triade maligna di O'Donoghue** che comprende la lesione del *collaterale laterale*, *legamento crociato anteriore* e *menisco laterale*; ed una **pentade maligna di Trillat** qui rappresentata da

interessamento del *collaterale laterale*, i due *crociati*, *menisco laterale* e *capsula postero-esterna*.

Altre associazioni possibili sono per esempio quelle con una disinserzione del muscolo bicipite, della bendelletta di Maissiat, del muscolo popliteo e del muscolo gemello esterno. Nei traumatismi molto violenti si può avere anche la frattura del piatto tibiale interno.

Infine, si può prendere in considerazione rare volte, la possibilità che ci sia, a livello del compartimento esterno, una disinserzione della sola bendelletta ileo-tibiale del Maissiat, determinata da una flessione e rotazione interna forzata della gamba, movimento questo in cui la bendelletta è soggetta a forte tensione. In questo caso a ginocchio semiflesso il legamento collaterale esterno non verrebbe interessato, vista la sua scarsa tensione.



Fig 9:lesioni capsulo-ligamentose del ginocchio

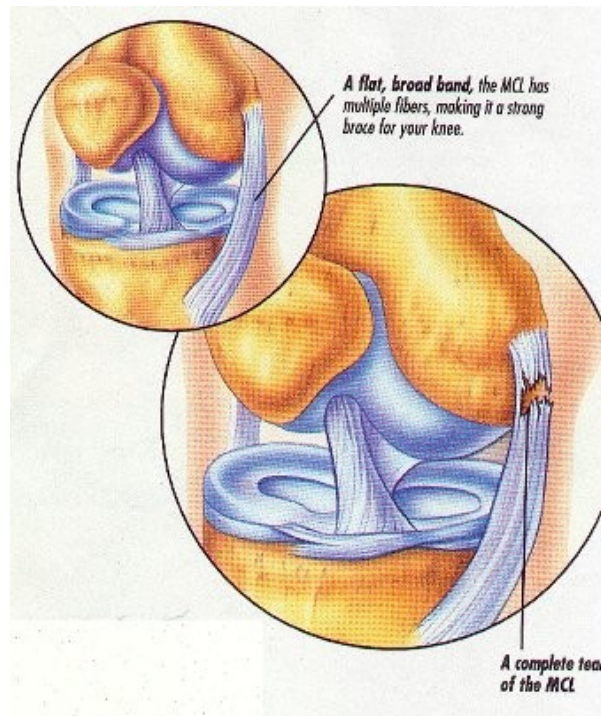


Fig 10: rottura del legamento collaterale mediale

lesioni del perno centrale

Sono le lesioni più frequenti e possono interessare uno o entrambi i legamenti crociati, molto spesso sono in associazione con una lesione di un legamento collaterale, oppure con la lacerazione capsulare, con la lesione dei menischi intercalari e con la frattura dei capi articolari. Inoltre, il crociato anteriore è più a rischio di quello posteriore, in quanto è più sottile, meno resistente ed in più è sollecitato per primo rispetto al legamento posteriore durante i movimenti di rotazione del ginocchio.

È opportuno a questo punto fare una distinzione tra meccanismi di lesione puri e combinati.

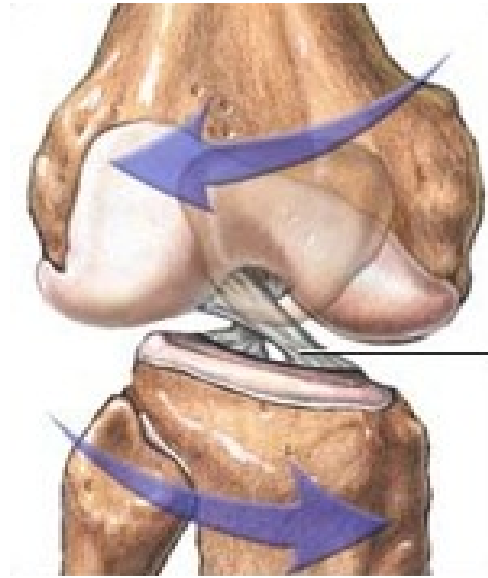


Fig 11: meccanismo lesivo in rotazione

Meccanismi di lesione puri

Sono rari; in questo caso la lesione dei legamenti crociati è isolata, la rotazione di uno dei capi articolari è assente.

Sono rappresentati da:

- trauma diretto a ginocchio flesso con spostamento del III° superiore della gamba dall'avanti all'indietro o viceversa;
- iperestensione;
- iperflessione.

A ginocchio flesso la retropulsione forzata delle tibia determina una lesione del crociato posteriore, mentre l'anteropulsione forzata determina una lesione del crociato anteriore.

Nell'iperestensione brusca (es. calcio a vuoto), la lesione più frequente riguarda il crociato anteriore; mentre al contrario nell'iperflessione viene interessato il crociato posteriore.



Fig12: Lesione isolata del crociato anteriore

Meccanismi combinati

sono la abduzione-flessione-rotazione esterna e la adduzione-flessione-rotazione interna della tibia.

L'entità della lesione nel primo meccanismo dipende dall'intensità del trauma.

Nelle forme lievi, dovrebbe essere interessato solo il legamento collaterale interno, e solo in caso di trauma grave ed importante sono lesionati anche i legamenti capsulari, il crociato anteriore, il menisco interno e più raramente il legamento crociato posteriore.

Nel secondo meccanismo, tra l'altro meno frequente del primo, la lesione può essere anche qui di entità lieve ed allora verrebbe ad essere interessato dalla lesione solo il

legamento collaterale laterale; mentre se il trauma è importante allora possono venir coinvolti successivamente il crociato anteriore e il menisco laterale.

In traumi particolarmente gravi la lesione capsulo-ligamentosa può portare addirittura ad una lussazione del ginocchio.



Fig 13: trauma discorsivo durante attività sportiva

lesioni globali

Questo tipo di lesioni sono alquanto complesse, dal momento che riguardano il compartimento mediale, quello laterale ed il perno centrale. Fortunatamente si tratta di eventualità rare. Nelle lesioni globali si riscontra sempre lesione del crociato anteriore, associato o meno a lesione del crociato posteriore.

Anatomia Patologica delle lesioni a carico dei crociati

la classificazione ricalca quella che si riscontra negli altri legamenti:

- disinserzione inferiore con o senza distacco di frammento osseo;
- disinserzione superiore a livello dell'inserzione femorale;
- rottura totale del legamento nella sua parte media;
- lacerazione parziale o semplice stiramento.

Il tipo più frequente è la *disinserzione a livello femorale*.

Le lesioni del crociato posteriore sono meno frequenti di quelle del crociato anteriore, e di solito quando presenti sono ad esse associate.

Le lesioni più gravi sono quelle a livello più prossimale, perché interessano anche i vasi nutritizi dei legamenti. Le lesioni nella zona media presentano anch'esse una certa gravità, perché è difficile la loro ricostruzione chirurgica. Le disinserzioni inferiori (distali) sono le meno gravi, soprattutto nei casi con distacco osseo: qui infatti la vascolarizzazione è conservata, e ciò aiuta senz'altro la riparazione.

PATOGENESI E MECCANISMO TRAUMATICO DELLA ROTTURA DEL LEGAMENTO CROCIATO ANTERIORE

Le lesioni del LCA si verificano con due meccanismi principali: *trauma diretto* e *trauma indiretto*. Le lesioni da trauma diretto avvengono spesso nei cosiddetti sport di contatto (rugby, football americano, calcio, basket) perché sono determinate da traumi che vengono portati direttamente sull'articolazione del ginocchio, nello scontro che avviene fra due avversari durante le fasi di gioco.

Le lesioni da trauma indiretto sono molto frequenti e possono essere di vari tipi:

- Valgismo-Rotazione Esterna
- Varismo-Rotazione Interna
- Iperestensione
- Brusca Contrazione del Quadricipite

Inoltre, in base al tipo ed alla forza del trauma, possiamo ulteriormente classificare la rottura del LCA come:

- Parziale o Totale
- Isolata o Associata

Valgismo-Rotazione Esterna

In questo tipo di traumi la tibia viene portata in valgismo (abduzione) ed in rotazione esterna (ad es. durante un cambio di direzione, in un contrasto o in tutti i casi in cui lo sportivo ruota dalla parte opposta rispetto al piede fisso al suolo).

L'aspetto più importante di questo meccanismo è il susseguirsi delle lesioni, che si producono in due tempi; dapprima è interessato il compartimento interno, cioè dal fascio superficiale del legamento collaterale mediale, dal fascio profondo del collaterale interno e dal legamento posteriore obliquo di Hughston.

Se il trauma non si esaurisce possiamo avere una sublussazione verso l'avanti del piatto tibiale mediale che può causare la rottura del legamento crociato anteriore.

Comunque, non può mai verificarsi la sequenza inversa nelle lesioni, in quanto a protezione del legamento crociato anteriore ci sono i legamenti del compartimento interno; per questo motivo un trauma in valgismo-rotazione esterna non può interessare isolatamente il legamento crociato anteriore.

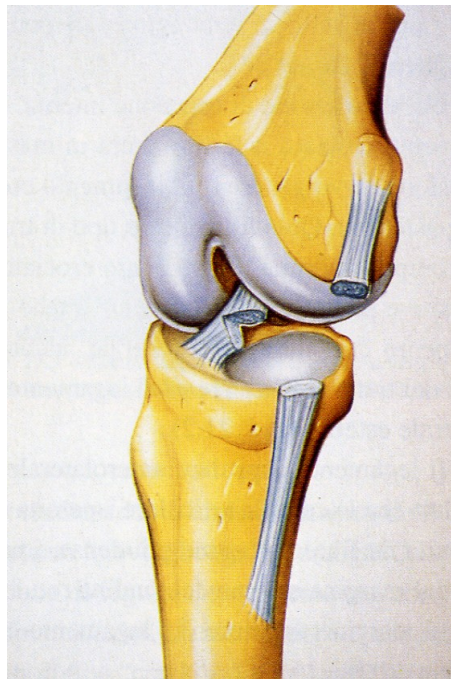


Fig:14 lesione capsulo-ligamentosa

Varismo-Rotazione Interna

È il secondo meccanismo traumatico in ordine di frequenza, legato soprattutto all'incremento dell'attività di "calcio a 5" su terreni sintetici che predispongono a traumi di questo tipo.

A volte durante la ricaduta in seguito ad un salto o ad un cambio di direzione, il piede rimane fisso al suolo ed il ginocchio si porta in varismo (adduzione) con la tibia in rotazione interna rispetto al femore. Così si verifica una sublussazione del piatto tibiale laterale che causa la rottura del legamento crociato anteriore.

La rotazione interna rappresenta la posizione di massima stabilità del ginocchio, è una posizione questa in cui il legamento crociato anteriore è "avviluppato" sul legamento crociato posteriore ed è quindi in massima tensione. Pur essendo questa la posizione di massima stabilità del ginocchio, è paradossalmente anche la situazione di massimo rischio per la lesione del legamento crociato anteriore, vista la compressione dell'articolazione.

Anche questa lesione si verifica in due tempi, con la differenza che adesso è il legamento crociato anteriore a rompersi per primo, e se il trauma non si esaurisce con la rottura di questo, è anche secondariamente interessato il compartimento capsulo-ligamentoso periferico laterale che si interrompe nel suo contesto (lesione interstiziale), oppure causando una piccola avulsione del bordo tibiale esterno, chiamata frattura di Segond, che rappresenta la migliore "spia" radiografica di una rottura del LCA.

Abbiamo così visualizzato le notevoli differenze patogenetiche tra le lesioni del

compartimento interno e quelle del compartimento esterno.

Con la valgo-rotazione esterna la prima struttura anatomica ad interrompersi per prima è il complesso casulo-ligamentoso mediale e poi il legamento crociato anteriore. Invece con la varo-rotazione interna prima si interrompe il legamento crociato anteriore e poi la capsula esterna.

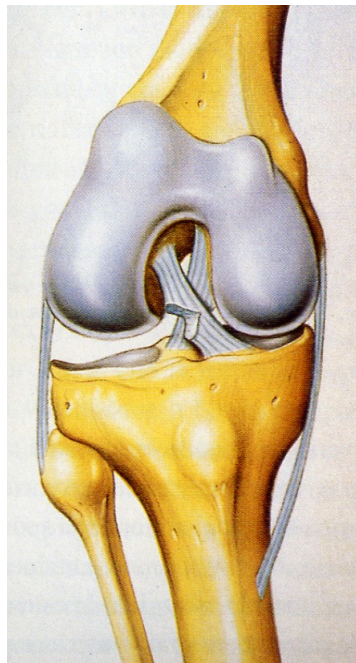


Fig.15: lesione del legamento crociato anteriore

Iperestensione

È il terzo meccanismo traumatico in ordine di frequenza che può provocare una rottura del legamento crociato anteriore. Una iperestensione del ginocchio è frequente e può verificarsi in molti sport, ad esempio nello sferrare un calcio a vuoto (come nel calcio o nelle arti marziali), nel ricadere da un salto con il ginocchio esteso (basket, pallavolo, salto in lungo), o in un trauma che colpisce il ginocchio sotto

carico dall'avanti all'indietro o anche nel semplice appoggio durante il cambio di marcia.

Nell'iperestensione del ginocchio, il legamento crociato anteriore viene ghigliottinato dal tetto della gola intercondiloidea. Il legamento crociato anteriore infatti, possiede anche la funzione di limitare l'estensione del ginocchio facendo da "battuta" sulla gola intercondiloidea. Proprio per questo, i pazienti con una lesione del legamento crociato anteriore, riferiscono che il loro ginocchio "fugge all'indietro"; questo è determinato dal fatto che il ginocchio sotto carico tende a recurvare (iperestendere) rispetto a quello sano, mentre i mecano-recettori del crociato anteriore lesionato non trasmettono alcuna informazione al cervello sulla posizione sterica del ginocchio, cosicché il paziente lamenta un cedimento.

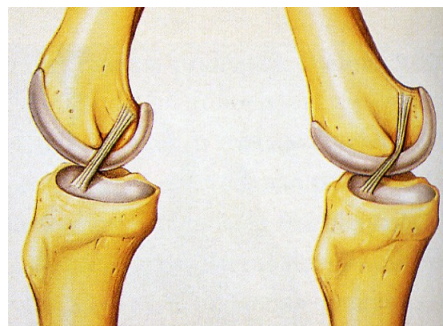


Fig.16:lesione del LCA causato dal tetto della gola intercondiloidea

Iperflessione con brusca contrazione del quadricipite

Questo tipo di meccanismo di rottura del legamento crociato anteriore è molto più frequente durante la pratica dello sci alpino, ma può verificarsi anche in molti altri sport, è comunque meno frequente dal punto di vista statistico. Avviene soprattutto

quando lo sciatore ricadendo da un salto sposta il peso all'indietro, sulle code degli sci, e per evitare di cadere contrae massimamente il quadricipite provocando così la lesione. Questo è facilitato anche dal fatto che gli scarponi, oggi molto alti, contribuiscono a spingere in avanti la tibia rispetto al femore.

In questa lesione si associano quindi uno scivolamento in avanti dello sci, che porta il ginocchio (flesso) in cassetto anteriore, e la brusca contrazione del quadricipite, che determina una forza sublussante anteriormente i piatti tibiali.

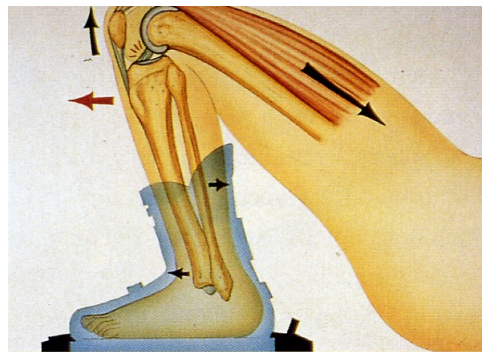


Fig. 17: lesione del LCA durante la pratica dello sci alpino

In conclusione, questi quattro meccanismi patogenetici più frequenti, di rottura del legamento crociato anteriore sono ben conosciuti e classificati, ma certamente il legamento crociato anteriore può anche rompersi in altra maniera, e forse con dei traumi meno frequenti e quindi non classificati.

Inoltre nelle lesioni acute del legamento crociato anteriore, associate ad altra patologia capsulo-legamentosa, il meccanismo traumatico è più complesso e mal identificabile

6. DIAGNOSI CLINICA E STRUMENTALE

Per il medico è di fondamentale importanza un'accurata e corretta valutazione clinica, che deve essere suffragata da una valutazione radiografica.

Valutazione CLINICA

- anamnesi;
- ispezione;
- palpazione;
- esecuzione ed interpretazione di alcuni test specifici: Lachman test, test del cassetto anteriore e posteriore, Jerk test, Pivot shift, test di Appley Stress test in varo-valgo, Test di McMurray

Anamnesi

I dati anamnestici sono molto importanti e ci permettono di fare una prima distinzione riconoscendo i casi acuti da quelli cronici. Il ginocchio che ha subito un trauma acuto non ha una storia di versamenti e cedimenti, presenti peraltro nei casi cronici, ed inoltre il paziente acuto non conosce il livello e la gravità della sua instabilità.

L'anamnesi deve essere completamente focalizzata verso le modalità di successione del trauma determinante la lesione: il meccanismo traumatico, le circostanze in cui si è verificato e tutti gli eventi oggettivi e soggettivi che lo hanno accompagnato.

Praticamente, si chiede al paziente se ha avvertito particolari rumori o sensazioni all'interno dell'articolazione, poiché spesso c'è stato un "crack" caratteristico; se era presente gonfiore, versamento, cedimento, blocco; e se erano già presenti altre patologie dell'articolazione.

Ispezione

L'ispezione dell'articolazione traumatizzata è ricca d'informazioni nei casi acuti. Possiamo studiare l'atteggiamento e l'aspetto del ginocchio, che può svelarci per esempio la presenza di un versamento. Il trauma acuto solitamente comporta ematomi ed ecchimosi dei tessuti molli peri-articolari.

Altra valutazione molto importante da fare è l'atteggiamento dell'arto, per esempio un arto piegato verso l'interno ci indirizza verso una lesione del crociato posteriore; un arto che va verso l'esterno ci pone il quesito diagnostico di un interessamento del crociato anteriore.

Palpazione

La palpazione si effettua mediante digitopressione su aree elettive che sono rappresentate, dalla inserzione femorale del collaterale mediale, la rima articolare interna, inserzione tibiale del collaterale mediale, inserzioni e decorso del collaterale laterale e del tendine del muscolo popliteo, la rima articolare esterna, inserzioni e decorso del legamento capsulare antero-laterale.

In più con la palpazione, si può attestare la presenza di un versamento già stimato con l'osservazione.

Per la valutazione dell'integrità di alcune parti anatomiche, si possono utilizzare dei test specifici; rappresentati dalle seguenti manovre semeiologiche:

- Lachmann test per il crociato anteriore
- Test del cassetto anteriore e posteriore per i legamenti crociati anteriore e posteriore
- Pivot shift e Jerk test
- Stress test in varo-valgo per valutare la stabilità mediale e laterale del ginocchio
- Test di McMurray e manovra di Appleby per individuare un'eventuale lesione meniscale, che spesso si associa al trauma ligamentoso

1. Test di Lachmann

È un test statico, descritto da un studente, Joseph S. Torg nel 1976 che chiamò così il test in onore del suo maestro. Per l'esecuzione dobbiamo posizionare un supporto sotto la coscia e far rilassare i muscoli della coscia al paziente, dobbiamo flettere il ginocchio a 25° ed impugnare con una mano la coscia distalmente dalla parte laterale e con l'altra la gamba dalla parte mediale, prossimalmente.

Ricordarsi di mantenere il ginocchio in rotazione neutra, quindi iniziare un movimento di traslazione portando anteriormente la tibia e spingendo posteriormente il femore. Porre attenzione al grado di traslazione ossea della tibia rispetto al femore. Un aumento della traslazione in avanti (rispetto al lato sano) indica una lesione parziale o completa del legamento crociato anteriore. Quindi, quando il legamento è sano, si percepisce uno stop chiaro e demarcato, mentre in caso di lesione, la maggiore lassità del legamento determina una battuta di arresto meno definito.

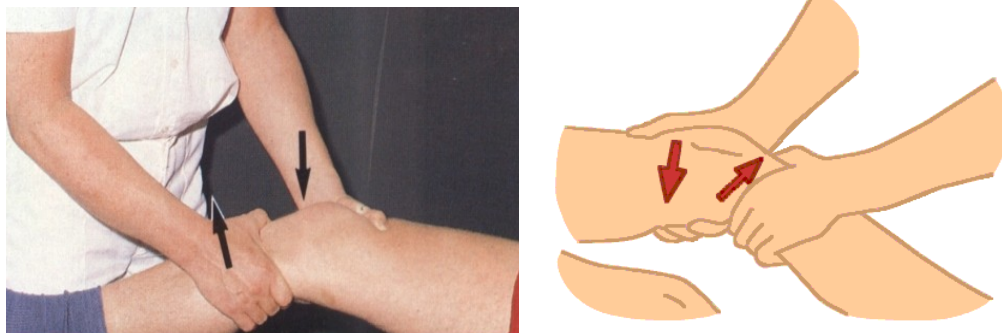


Fig. 18: test di Lachmann

2. Cassetto antero-posteriore

Questa manovra è atta alla valutazione dell'instabilità del legamento crociato anteriore e posteriore. E' semplice da eseguire ma è meno sensibile del test di Lachman.

Posizionare il paziente con il ginocchio flesso a 90°, mantenere bloccata il più possibile la gamba sedendosi sul piede del paziente. Impugnare la tibia a due mani prossimalmente. Palpare i tendini dei flessori(dietro il ginocchio) per verificare che siano rilassati e far scivolare anteriormente la tibia, per valutare il cassetto anteriore (LCA) e posteriormente per il cassetto posteriore (LCP).

Uno scivolamento discreto è indice di lassità ligamentosa. La rotazione tibiale influenza la positività del test; perciò è bene ripetere la manovra in tre posizioni diverse del piede: neutra, intra-ruotata ed extra-ruotata. Comparare i risultati con il ginocchio non traumatizzato controlaterale che deve essere sempre valutato per primo.



Fig. 19: test del cassetto anteriore e posteriore

3. Pivot shift di Gallway/McIntosh e Jerk test di Hughston

Entrambi sono test dinamici; l'unica differenza tra queste due manovre è la posizione di partenza del ginocchio che, nella Gallway/McIntosh è esteso, mentre è flesso per quella di Hughston. Il paziente va fatto posizionare supino; quindi l'esaminatore imprime all'articolazione un movimento di flesso-estensione e contemporaneamente sollecita la tibia in valgismo ed intra-rotazione.

Il test è viene definito positivo se si riesce a provocare una sub-lussazione anteriore di tutto il ginocchio, che è molto più evidente nel compartimento laterale.



Fig. 20: Jerk test

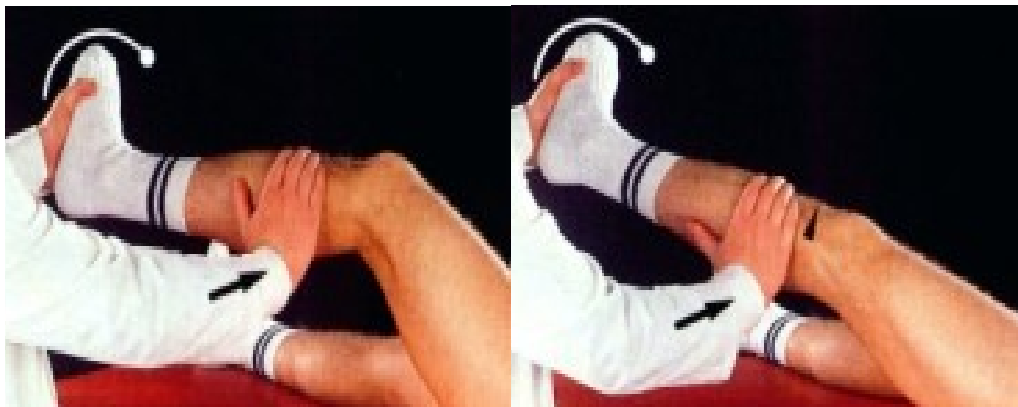


Fig. 21: Pivot Shift

La manovra del pivot shift provoca una sublussazione anteriore dell'emipiatto tibiale esterno nel passaggio dall'estensione alla flessione mentre si applica uno stress in valgo con tibia intraruotata.

4. Test di abduzione e adduzione o stress test in varo-valgo

Con il paziente supino, si valutano i due legamenti collaterali. Posizionare un sostegno sotto la coscia del paziente per rilassare il quadricipite. Con una mano si tiene la coscia fissa, con l'altra si sollecita deviando in varo e in valgo la tibia.

Si deve effettuare la manovra sia a completa estensione del ginocchio, sia a 25° di flessione. I risultati ottenuti devono essere confrontati con quelli del ginocchio controllateale.

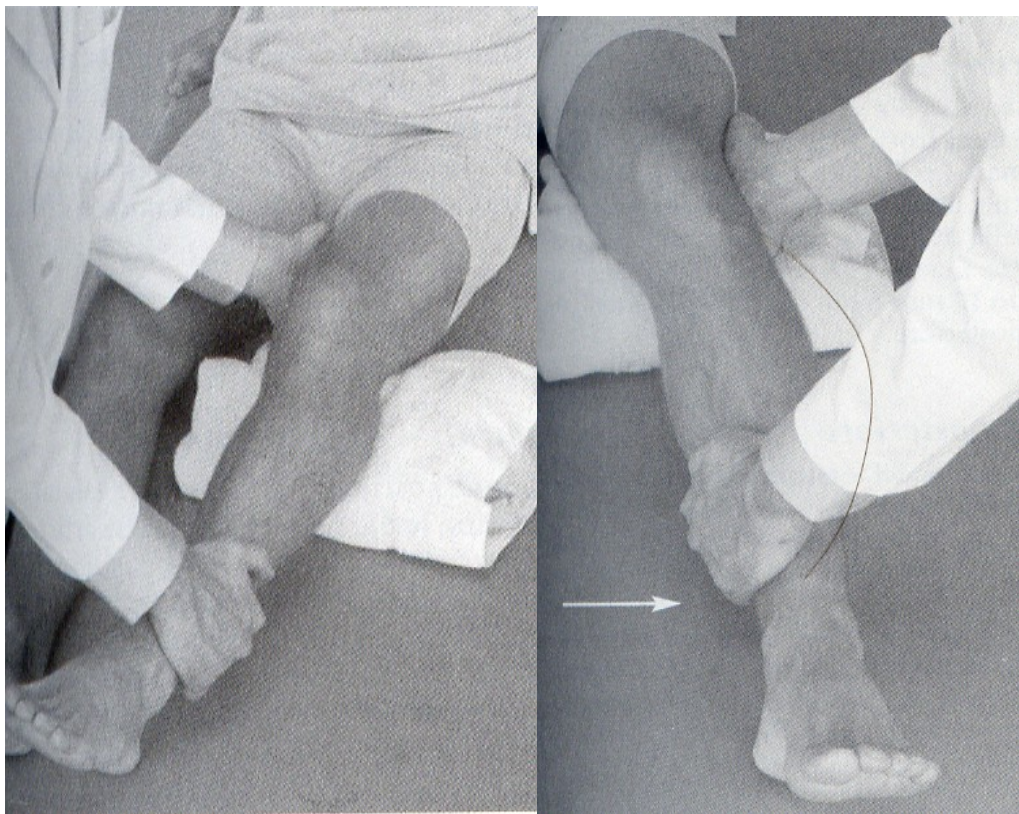


Fig.22:Stress test in varo-valgo

Manovre per valutare un eventuale interessamento meniscale

5. **Test di McMurray** : flettere il ginocchio del paziente passivamente fino a che la manovra non suscita dolore (la flessione non dolente fino a 90° è necessaria affinché questo test abbia significato).

Mantenere questa posizione mentre si ruota esternamente il piede per poi gradualmente estendere il ginocchio mantenendo la tibia in extrarotazione. Questa manovra viene effettuata per la valutazione del menisco mediale, e se si evidenzia un dolore o uno scatto localizzato nel compartimento interno, in pazienti affetti da lesione del corno posteriore, il test viene valutato positivo. Se invece si esegue la stessa manovra, ma ruotando all'opposto il piede, cioè internamente, viene stressato il menisco laterale.

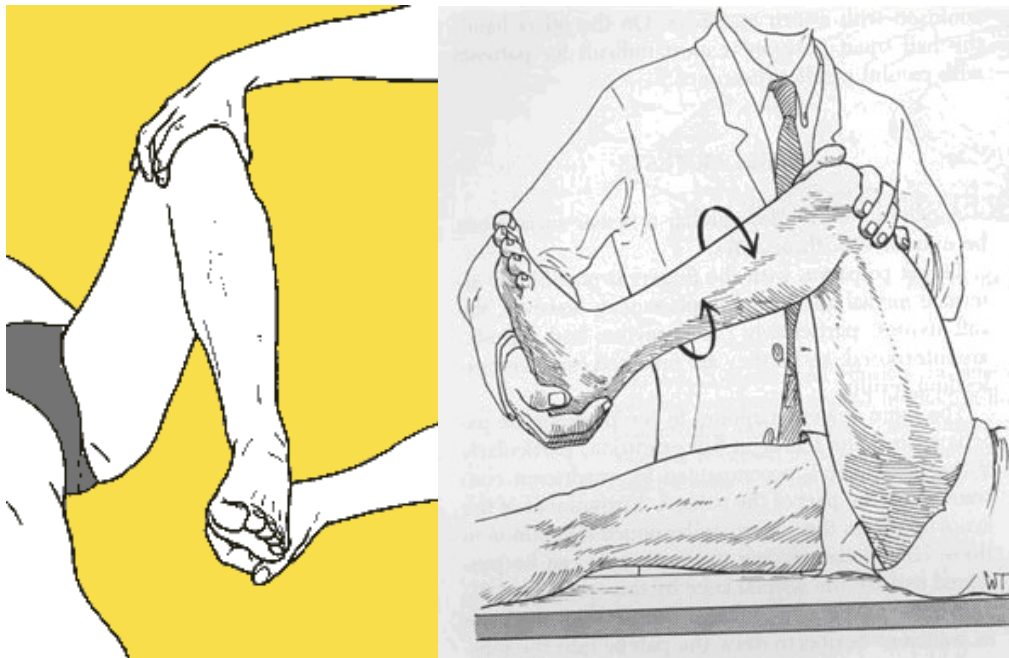


Fig.23: test di McMurray

6. **Il test di Appley** si esegue a paziente prono sul lettino, con ginocchio flesso a 90°.

L'esaminatore ruota il piede all'interno e all'esterno esercitando prima una flessione e poi una trazione. Se evoca dolore, il test è positivo.



Fig.24:Test di Appley

Vediamo ora come, possiamo descrivere il quadro clinico di un ginocchio che ha subito una lesione capsulo-ligamentosa acuta dopo aver eseguito un esame obiettivo completo.

Clinica di una lesione del pivot centrale isolata

Si deve sempre pensare ad un interessamento dei legamenti crociati quando, già all'anamnesi il paziente ci riferisce un violento trauma diretto sulla faccia anteriore o posteriore della gamba, oppure una violenta iper-estensione o iper-flessione. Il ginocchio si presenta tumefatto, dolente, leggermente flesso per l'impossibilità della sua completa estensione e si presenta instabile.

Il ligamento crociato anteriore è più frequentemente interessato, e una sua lesione può essere diagnosticata qualora risultino positivi il *segno del cassetto anteriore*, la *manovra di iperestensione* e il *jerk test*.

Clinica di una lesione globale

L'operatore già all'ispezione si accorgerà del ginocchio che risulterà essere molto tumefatto e dolente. Proprio il dolore intenso e la contrattura muscolare rendono praticamente impossibile proseguire l'esame clinico. Si ha comunque la consapevolezza della gravità estrema della lesione.

Più in generale, in tutte le lesioni gravi qui descritte, qualunque sia il compartimento interessato, si presenta il problema di condurre correttamente l'esame clinico, dato il dolore spesso insostenibile che il paziente avverte ad ogni manovra.

A meno che l'esame non sia precocissimo, la ricerca dei movimenti articolari anomali dovrà essere fatta in anestesia, la quale ci consentirà di superare l'ostacolo della contrattura antalgica.

7. TRATTAMENTO CHIRURGICO

Il legamento crociato anteriore (LCA) è una struttura importante nella fisiologia del ginocchio ed una sua insufficiente funzione determina una significativa invalidità. Sono state descritte varie tecniche, a cielo aperto, ed artroscopiche di ricostruzione intrarticolare del LCA, utilizzando autotrapianti, allotrapianti e legamenti sintetici.[27] Molti AA. hanno descritto, nel tempo, i vantaggi e gli svantaggi dei materiali utilizzati in sostituzione del LCA, determinando il successo più o meno temporaneo di una tecnica. Negli anni 80, dopo un decennio di sostanziale utilizzo di plastiche esterne, si sono iniziate a sperimentare con più convinzione le metodiche di sostituzione intrarticolare del legamento crociato anteriore, anche in relazione alla grande diffusione della tecnica artroscopica.

Il legamento crociato anteriore, è il legamento che si rompe più frequentemente a seguito di un trauma del ginocchio.[2-34] La lesione determina instabilità articolare che col tempo ed in assenza di adeguato trattamento, provoca, progressivo deterioramento articolare, responsabile, di degenerazioni delle cartilagini articolari, lesioni meniscali e sviluppo di artrosi post-traumatica.

E' quindi fondamentale trattare la lesione, potendo scegliere per un approccio chirurgico piuttosto che per uno conservativo.

L'utilizzo del trattamento conservativo nelle lesioni del LCA si prefigge al recupero ed al mantenimento di una stabilità dinamica che sia equa alle esigenze funzionali, lavorative e/o sportive del paziente.

La ricostruzione chirurgica si prefigge al ripristino, della piena integrità anatomica, funzionale e della biomeccanica del ginocchio, con un totale recupero dell' articolazione, per cui è fondamentale anche un'adeguata riabilitazione post-operatoria.

Fattori importanti da considerare nella scelta del trattamento sono ovviamente l'età del paziente, l'attività sportiva e il livello di partecipazione, la motivazione individuale e la situazione clinica precedente (pazienti portatori di malattie che contro indichino ogni tipo d'intervento).

L'intervento chirurgico di ricostruzione del legamento crociato fino a pochi anni fa veniva effettuato entro pochi giorni dal trauma, si interveniva quindi su di un' articolazione infiammata, con la presenza di versamento, edema ed ematomi.

Oggi invece l'intervento tende ad essere effettuato dopo qualche mese (2-3); si attende cioè la stabilizzazione della lesione, con il recupero della motilità articolare mediante esercizi di flesso-estensione, il riassorbimento dell'edema e dell'emartro; questo per poter operare in un campo operatorio migliore e conseguire migliori risultati. Solo l'associazione con lesioni periferiche mediali e/o laterali, così gravi da far dubitare della loro capacità di guarigione se non trattate in tempo utile, può farci optare per dei tempi più brevi .

Esistono vari tipi di trattamento chirurgico di ricostruzione del legamento crociato anteriore che differiscono sia per la tecnica chirurgica utilizzata (aperta, artroscopica, combinata) sia per il tipo di graft utilizzato per la ricostruzione del crociato. [27-7].

La scelta di un buon innesto per la ricostruzione del legamento crociato anteriore, dipende da numerosi fattori: legislazione del paese in cui siamo, filosofia ed

esperienza del chirurgo, disponibilità di tessuto biologico autologo (già danneggiato od operato), età e desideri ed attività del paziente.

Le caratteristiche da ricercare nella scelta del graft ideale sono: cercare di riprodurre la medesima complessa anatomia e le stesse capacità biomeccaniche del ligamento crociato nativo; avere una rapida integrazione biologica; minimizzare le sequele e morbilità del sito donatore.

Premettendo che il graft ideale per il momento non esiste e che i migliori risultati si ottengono utilizzando il trapianto di tendine autologo, (t. rotuleo e semitendinoso e gracile) eseguiamo una breve disamina dei vari tipi i graft disponibili, esponendo per ciascun tipo i vantaggi e gli svantaggi.

I vari graft che possono essere utilizzati per la ricostruzione del ligamento crociato anteriore possono essere suddivisi in tre gruppi:

- **Autograft**

- tendine rotuleo;*

- tendine dei muscoli semitendinoso/gracile quadruplicato;*

- tendine quadricipitale(solo a scopo sperimentale).*

- **Allograft** (tessuto prelevato da cadavere):

- tendine di Achille*

- tendine rotuleo;*

- **Graft sintetici**

GLI AUTOGRAFT

TENDINE ROTULEO

Fu *K.T.Jones* nel 1963, a descrivere l'utilizzo del terzo centrale del tendine rotuleo come sostituto del legamento crociato anteriore.[8] L'autotrapianto di tendine rotuleo è comunemente usato nel trattamento delle lesioni del legamento crociato anteriore e attualmente rappresenta il gold standard per le ricostruzioni primarie.[27]

I *vantaggi* sono rappresentati dall'incremento di forza e rigidità del neoligamento comparato col crociato normale e dalla rapida ricrescita ossea nei tunnel scavati; viene infatti usato nei giovani sportivi(maggiore richiesta).

Solitamente nelle prime ricostruzioni viene usato il tendine rotuleo ipsilaterale al ginocchio lesionato, ma può essere anche usato il controlaterale; questo perché c'è minor coinvolgimento chirurgico del ginocchio non lesionato e perché si dovrebbe poi fare un programma di riabilitazione differente per ogni ginocchio, in modo da permettere il più rapido recupero.

Le *complicanze* sono legate soprattutto al sito di prelievo ed includono fratture patellari, rotture tendinee, sindrome della contrattura infrapatellare e rotula bassa. Molti pazienti presentano la persistenza del dolore a livello del sito di prelievo anche per oltre un anno dall'intervento ed in alcuni casi viene riferita la presenza di una gonalgia anteriore anche a distanza di molti anni dall'intervento.[27]

SEMITENDINOSO/GRACILE

Questa tecnica utilizza i tendini della zampa d'oca, ed in particolare è largamente utilizzata per le ricostruzioni primitive del legamento crociato anteriore soprattutto nei pazienti di giovane età (sotto i 30-35 anni). Rispetto al tendine rotuleo questa tecnica ha minore incidenza di morbidità post-operatoria, anche se studi comparativi tra le due tecniche hanno evidenziato che, in termini di riuscita e soddisfazione dei pazienti non esistono grandi differenze.

Il principale *svantaggio* dell'utilizzo dei tendini gracile e semitendinoso è che il neoligamento non presenta stabilità primaria e la sua fissazione è legata al tipo di tecnica utilizzata.[27]

ALLOTRAPIANTI DA CADAVERE

L'uso del tessuto allogenico decrebbe durante gli anni 90, ma oggi con le moderne e più sicure metodiche di sterilizzazione, sembra che il suo uso sia in crescita; viene infatti considerato un'altra comune alternativa per la ricostruzione del legamento crociato anteriore, ma non in Italia dove la legge non permette l'espanto di questi tessuti, e l'industria per il trattamento e la conservazione degli innesti non è molto presente.[27]

I vantaggi sono rappresentati, dalla mancanza di morbidità del sito di prelievo, tempo chirurgico ridotto, e quindi una minore invasività. Inoltre l'integrità dell'apparato estensore e flessore, consente una più rapida riabilitazione del paziente.

Questo tipo di graft viene riservato a pazienti con più di 45 anni ed a pazienti che sono già stati sottoposti ad intervento chirurgico di ricostruzione del LCA con graft biologico.

Il principale *svantaggio* legato all'utilizzo degli allograft è rappresentato dal rischio potenziale di trasmissione di malattie; sono state infatti prese in considerazione varie metodiche di sterilizzazione e conservazione del tessuto, che però possono determinare alterazioni delle caratteristiche biomeccaniche e della biocompatibilità del neoligamentom, determinando la comparsa di sinoviti, fallimenti meccanici e la crescita di formazioni cistiche nei tunnel (dovute all'ossido di etilene).[27]

LIGAMENTI SINTETICI

I principali vantaggi legati all'utilizzo di un ligamento sintetico nella ricostruzione del LCA sono: il recupero immediato della stabilità, il rapido periodo riabilitativo e l'assenza di prelievo di strutture autologhe.[3]

Nel 1977 *Jenkins et al.* furono i primi ad utilizzare impianti costituiti in fibre di carbonio flessibili, tuttavia questo materiale pur presentando buone caratteristiche biomeccaniche presentava una scarsa biocompatibilità per la migrazione di particelle nell'organismo, prodotte dall'usura del materiale.[3]

Per ovviare a questo problema *le fibre di carbonio* furono rivestite di collagene o polimeri riassorbibili (copolimero di acido poli-lattico e policaprolattone).[28]
L'utilizzo di protesi di fibre di carbonio rivestito garantivano buoni risultati a breve

termine riducendo i problemi correlati all'usura del materiale; studi clinici a medio termine, hanno evidenziato un elevato tasso di fallimenti meccanici dovuti alla rottura della protesi, per cui l'utilizzo del carbonio è stato abbandonato. [29-30]

Un altro materiale utilizzato per la ricostruzione del LCA è il **Gore-Tex®**, (PTFE) in singola fibra espansa e successivamente arrotolata. Studi meccanici dimostrano che questa fibra è 3 volte più resistente del legamento naturale ed inoltre è anche più resistente ai test di rottura ed alla fatica.[31] Studi effettuati da *Woods et al.* hanno evidenziato che a 2 anni di follow-up c'era un fallimento del 10%, mentre a 3 anni c'era un fallimento del 33%.[32] In letteratura il LCA in Gore-Tex® ha riportato una percentuale di buoni risultati variabile dal 60 al 80% ed è tuttora approvato dalla FDA (Food and Drugs Administration) per l'utilizzo in pazienti nei quali la ricostruzione dell'LCA con legamento biologico non ha dato dei buoni risultati. [1]

Anche il **Dacron®**, è stato utilizzato come scaffold per la ricostruzione del legamento crociato anteriore; questo impianto era costituito da 4 strisce di poliestere intrecciate saldamente ed avvolte in una guaina di tessuto vellutato intrecciato in maniera lassa e disegnato appositamente per ridurre l'attrito durante i cicli e contemporaneamente fornire un buon supporto alla ricrescita del tessuto fibroso. In uno studio su 41 pazienti condotto da *Lukianov et al.* con un follow up di 28 mesi si dimostra che il 75% dei pazienti presentavano una buona stabilità articolare (Lachmann e test del cassetto negativi)[33]; studi successivi come quello eseguito da *Richmond et al.* hanno invece evidenziato elevati tassi di fallimento a medio-lungo termine (follow-up 50 mesi) per il cedimento meccanico dell'impianto.[1-34]

Il ***Leeds-Keio Artificial Ligament***, sviluppato da *Fujikawa* e *Seedhom* alla fine degli anni '80, è composto da una maglia in poliestere ancorata a femore e tibia con bratte ossee.[35] La maglia in poliestere agisce da scaffold per la ricrescita del tessuto sia nella parte intra che extra articolare del legamento. Negli studi di follow up, tale device ha dimostrato un elevato tasso di fallimento dopo circa 1 anno dall'impianto, dovuto al cedimento meccanico della protesi.[38] il legamento impiantato infatti non determinava la crescita tissutale, ma si comportava solo come una “load-bearing prosthesis” [36-37].

Il ***Kennedy Ligament Augmentation device*** (LAD). Fu sviluppato da *Kennedy et al.* che ne introdussero il concetto già nel 1980 [38]; non rappresenta una protesi di legamento ma soltanto un augmentation da utilizzare durante la ricostruzione del LCA con graft biologico. È composto da una striscia intrecciata di polipropilene che viene applicata in maniera tale da rinforzare la zona di minor resistenza del graft biologico: la zona prepatellare nel caso di ricostruzione con tendine rotuleo. Tale supporto fu sviluppato per proteggere il tessuto autogeno trapiantato dallo stress eccessivo nella fase iniziale di rimodellamento, caratterizzata da degenerazione e rivascolarizzazione.[38] Il LAD veniva utilizzato sia nei prelievi di tendine rotuleo che in quelli di semitendinoso-gracile. Tale sistema si è dimostrato scarsamente biocompatibile determinando sia una errata crescita delle fibre collagene autologhe, sia una importante reazione infiammatoria da corpo estraneo.[1] Uno studio eseguito da *Kumar et al.* ha evidenziato una elevata incidenza di sinoviti con versamenti articolari recidivanti e la presenza di una zona di minor resistenza a livello della

giunzione graft-legamento autologo, per tali motivi l'utilizzo del LAD è stato abbandonato.[55]

Il **LARS®** (Ligament Advanced Reinforcement System) è costituito da fibre di polietilentereftalato (PET) ; il segmento intraosseo è costituito da fibre longitudinali unite insieme da una struttura a maglia trasversale, il segmento intra-articolare è composto da fibre longitudinali parallele arrotolate e piegate a 90°. Tra i vari ligamenti di seconda generazione introdotti in commercio il LARS® è quello che per le sue caratteristiche strutturali più si avvicina all'anatomia ed alla meccanica del legamento crociato nativo. Studi clinici riguardo all'utilizzo del LARS® nella ricostruzione del LCA hanno evidenziato risultati molto incoraggianti sia a breve termine sia a medio-lungo termine con una notevole diminuzione sia delle complicanze reattive (sinoviti) sia di quelle meccaniche (rotture dell'impianto e perdite di tenuta).[1]

LARS ® (Ligament Advanced Reinforcement System)

Il LARS® è costituito da fibre di polietilentereftalato (PET) ; un segmento intraosseo è costituito da fibre longitudinali unite insieme da una struttura a maglia trasversale, il segmento intra-articolare è composto da fibre longitudinali parallele arrotolate e piegate a 90°.

L'innovazione più importante data dal LARS® è la sua similarità alla normale struttura del legamento crociato anteriore fisiologico, questo significa basso share stress per la protesi, dato dall'orientamento delle fibre libere nella porzione intrarticolare. Inoltre le fibre di PET nel loro segmento intrarticolare sono strutturate in modo tale da stimolare e fornire un buon supporto, per la ricrescita tessutale che è favorita dalla porosità del materiale; la ricrescita inizia a livello dei tunnel ossei.

La ricrescita di tessuto tra le fibre del legamento contribuisce ad aumentarne la visco-elasticità ed a ridurre la frizione tra i tunnel ossei e le fibre stesse.

In uno studio eseguito da *Nau et al.* Condotta a 2 anni di follow-up, mette a confronto la ricostruzione del legamento crociato anteriore con tendine patellare e quello con LARS®; ed i risultati sono che i pazienti operati col LARS® hanno un recupero più veloce e ritornano con maggiore frequenza all'attività sportiva prima svolta.[7]

In uno studio fatto da *Lavoie et al.* su 45 pazienti di cui 38 con rottura cronica e 9 acuta e subacuta; con follow-up di 21,9 mesi nessun paziente ha avuto complicanze di tipo infiammatorio.[1-5]

Rispetto ai graft sintetici in uso negli anni '80 studi clinici hanno evidenziato che l'utilizzo del LARS® non presenta complicanze quali la comparsa di reazioni infiammatorie (sinoviti) e fallimenti meccanici precoci [4-5-6-10]; tali complicanze infatti erano dovute ad una eccessiva usura del materiale che da un lato determinava la liberazione dei detriti responsabili della reazione infiammatoria e dall'altro provocava un progressivo indebolimento della protesi fino alla sua rottura.[1]

Le complicanze associate all'utilizzo del LARS sono analoghe a quelle che si verificano con l'utilizzo di altri tipi di graft come ad esempio: complicanze infettive, tromboemboliche, fallimenti dei sistemi di ancoraggio, mal posizionamento del graft.[46]

Indicazioni all'utilizzo del LARS®

Nonostante siano già diversi anni che il LARS® viene utilizzato, non esistono ancora vere e proprie indicazioni, poiché ancora oggi non sono presenti studi a lungo termine sulle varie categorie di pazienti trattati con LARS®.

Il legamento sintetico è indicato in pazienti con età superiore a 35 anni che presentano una lesione primaria stabilizzata del LCA, sintomatici e che necessitano di rapido recupero alle attività; un'altra indicazione all'utilizzo del legamento sintetico è rappresentata dal fallimento di un precedente intervento chirurgico di ricostruzione del crociato anteriore con tecnica biologica. [10]

Riassumiamo infine i principali vantaggi legati all'utilizzo dei legamenti sintetici che sono:

Breve ricovero

- chirurgia mininvasiva
- periodo di immobilizzazione breve
- assenza di atrofia muscolare
- rapido recupero funzionale

Poco dolore post-operatorio

il 90% dei pazienti non ha dolore eccessivo nel post-operatorio

Poco gonfiore post-operatorio

il 95% dei pazienti ha soltanto un lieve edema.[56]

LA TECNICA CHIRURGICA

1-Posizionamento del paziente

Il paziente viene posizionato in decubito supino sul tavolo operatorio; viene quindi applicato un laccio pneumoischemico alla radice dell'arto. L'intervento chirurgico viene eseguito in anestesia periferica (spinale o epidurale).

Per il confezionamento del campo operatorio viene utilizzato un kit standard per la chirurgia del ginocchio.

2-Tempi chirurgici

a)valutazione artroscopica del ginocchio

b)trattamento delle eventuali lesioni meniscali o delle cartilagini articolari.

f)preparazione del tunnel tibiale e dell'half tunnel femorale

g)passaggio del neo-legamento

h) fissazione prossimale con Trans-fix® femorale neoligamento

i) fissazione distale del neoligamento con vite ad interferenza metallica

3-Tecnica chirurgica

Inizialmente si esegue una valutazione artroscopica del ginocchio in modo da poter trattare anche eventuali lesioni associate (patologie meniscali).

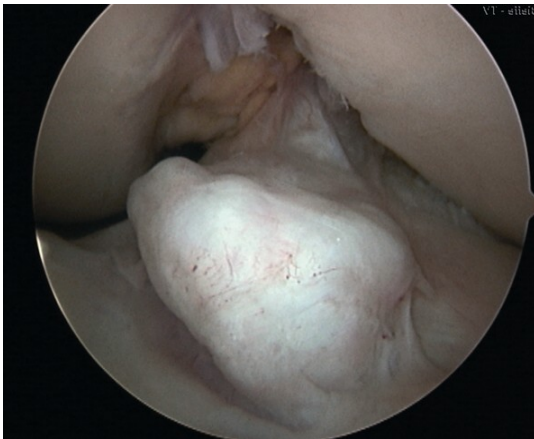


Fig.24:immagine artroscopica della cavità articolare

Utilizzando un apposito strumentario vengono quindi preparati il tunnel tibiale e l'half tunnel femorale che rappresentano l'alloggio del neoligamento.

Per la corretta esecuzione del tunnel tibiale viene utilizzato un apposito strumento simile ad un compasso. Lo strumento centratore con goniometro (compasso), è utilizzato per l'effettuazione del tunnel tibiale parallelamente alla direzione del legamento crociato nativo residuo.

Nell'esecuzione dell'half tunnel femorale, l'appendice metallica del centratore all'interno dell'articolazione, viene appoggiata al legamento crociato posteriore, per

consentire successivamente la locazione del legamento sintetico in posizione isometrica.

La fissazione a livello *femorale* avviene con tecnica ***Trans-fix®***.

Per il tunnel femorale viene usata una guida con un offset di circa 5-6mm per indirizzare il filo guida nel punto desiderato della gola intercondiloidea. Il filo guida viene diretto ad ore 11 (ginocchio dx) o ad ore 1 (ginocchio sx)

Il tunnel femorale viene fresato fino a 35mm di profondità con l'ausilio di un alesatore cannulato della giusta misura, che viene lasciato all'interno del tunnel femorale. All'alesatore viene quindi attaccata la guida X-act Cross Pin per la fissazione femorale e fissata in questa sede. Un filo guida di 2,5mm viene fatto avanzare lungo la cannula di raccordo fino al suo contatto con l'alesatore all'interno del tunnel femorale.

Un dispositivo retrattore ad uncino viene fatto passare attraverso il tunnel tibiale fino al tunnel femorale. La guida viene fatta avanzare attraverso il condilo femorale mediale, così che, nel tunnel rimanga solo il filo in poliestere che viene uncinato e tirato fuori dal tunnel tibiale del ginocchio.

Il legamento sintetico LARS® precedentemente preparato (bagnato con soluzione fisiologica sterile) viene caricato nell'occhiello del filo che fuoriesce dal tunnel tibiale; dopodiché si tirano le estremità del filo guida medialmente e lateralmente così da consentire l'entrata del LARS® all'interno dei tunnel ossei.

Si procede adesso alla Fissazione del neo-legamento; anche in questo caso come per la tecnica biologica, i sistemi di fissazione sono molteplici, ma nella nostra clinica preferiamo utilizzare a livello femorale un *Pin non riassorbibile in sospensione*, su

cui il tendine giace “a cavaliere”, mentre a livello *tibiale* una *vite ad interferenza* metallica (lega di titanio).

L’ interno dell’ articolazione viene abbondantemente lavata per rimuovere i possibili frammenti tissutali residui dal lavoro dell’ operatore, dall’ interno della cavità. Infine si posiziona un drenaggio in aspirazione che verrà poi rimosso in prima giornata post-operatoria, si suturano gli accessi chirurgici e si medica la ferita con garze sterili; la procedura viene terminata confezionando un bendaggio e con la rimozione del laccio pneumoischemico.

Trattamento post-operatorio

La riabilitazione inizia in prima giornata post-operatoria con l'esecuzione di una mobilizzazione sia attiva che passiva. I pazienti vengono dimessi in terza giornata post-operatoria, alla dimissione viene concessa la deambulazione con l’ausilio di tutori antibrachiali senza appoggio dell’arto operato. Dopo circa 15 giorni gli accessi chirurgici vengono desaturati e viene concesso un carico parziale (dal 50% sino alla totalità del carico in 2 settimane). L’eccellente resistenza e fissazione del legamento sintetico, così come la mancanza di un danno del meccanismo estensore e la preservazione di tutte le strutture anatomiche, consentono al paziente di restringere i tempi di riabilitazione.

Il programma riabilitativo accelerato si è dimostrato soddisfacente anche in questo tipo di intervento. I pazienti vengono mobilizzati sin dalla prima giornata post-operatoria con movimenti attivi e passivi fino a 90°, il superamento di tale grado di

flessione viene concesso dopo il 14° giorno, quando viene effettuata la desutura delle ferite chirurgiche. Dopo tale termine il paziente può effettuare fisioterapia con leggera attività fisica (cyclette da seduto, nuoto). L'obiettivo della terapia è quello di consentire un ritorno alle attività sportive senza limitazioni dopo circa 2 mesi dopo l'intervento chirurgico.

Durante il ricovero viene eseguita una profilassi antibiotica a largo spettro per 3 giorni ed una profilassi antitromboembolica con eparina a basso peso molecolare che viene proseguita per 21 giorni.

8-MATERIALI E METODI

Obiettivo di questo studio è quello di rivalutare i risultati ottenuti nei pazienti sottoposti ad intervento chirurgico di ricostruzione del legamento crociato anteriore con legamento sintetico LARS® presso Clinica Ortopedica di Pisa, nel periodo compreso tra il gennaio 2003 ed l'ottobre 2006, 51 pazienti sono stati sottoposti ad intervento chirurgico di ricostruzione del Legamento crociato anteriore con legamento artificiale, di cui 40 di sesso maschile e 11 di sesso femminile.

L'intervento chirurgico di ricostruzione del LCA con LARS®, è stato eseguito in pazienti con età superiore a 35 anni, che presentavano una lesione stabilizzata e sintomatica del LCA.

L'età media dei pazienti è di 41 anni (range 35-54 anni). Sono stati esclusi dalla revisione 4 pazienti in cui il ginocchio controlaterale non era sano: 2 pazienti

presentavano una lesione del LCA trattata in maniera conservativa e 2 pazienti presentavano una lesione del LCA trattata con tecnica biologica. È stato possibile revisionare solo 39 dei 51 pazienti selezionati per lo studio, di cui 29 uomini e 10 donne. In 12 casi il ginocchio interessato era il sinistro ed in 15 il destro. Il follow-up medio è di 41,6 mesi (range 20-62).

Per la valutazione clinica soggettiva sono state somministrate le seguenti scale: **KOOS**, **Cincinnati Knee Rating Scale** e **VAS**. I pazienti sono stati poi sottoposti ad una valutazione clinica oggettiva, compresa una breve anamnesi con particolare attenzione al momento del trauma; al tempo intercorso dal trauma all'intervento; al periodo immediatamente post operatorio; periodo riabilitativo e ritorno all'attività lavorative; ad eventuali nuovi traumi o interventi al ginocchio; si eseguiva successivamente una valutazione biomeccanica mediante l'utilizzo di uno stressatore **AIRCAST ROLIMETER™**, ed una pedana baropodometrica **ECOSANIT®** con la quale abbiamo eseguito una valutazione stabilometrica.

VALUTAZIONE SOGGETTIVA

Per la valutazione clinica soggettiva sono state utilizzate le seguenti schede:

1. La scheda **VAS**, per quantificare il dolore soggettivo sul ginocchio operato, attraverso una scala di riferimento verticale, con un valore 0 (dolore assente) fino a 10 (dolore massimo). Il soggetto era invitato sulla scala graduate ad indicare l'entità del suo dolore (0-10);

2. La scheda **KOOS**, che è una scheda a punti per la valutazione di vari parametri soggettivi: sintomi (gonfiore, scrosci articolari e limitazioni articolari), rigidità del ginocchio(al mattino e durante il giorno), dolore (frequenza, a riposo o durante le attività fisiche), attività della vita quotidiana (salire e scendere le scale, camminare, alzarsi dal letto, mettersi i calzini, ecc.), attività sportive e ricreative (accovacciarsi, correre, saltare, girarsi, inginocchiarsi), qualità della vita in relazione al ginocchio (modifiche secondarie, difficoltà e mancanza di fiducia nel ginocchio). Il paziente deve barrare la casella che meglio rappresenta la risposta ad ogni domanda, in un gruppo di caselle in cui si rappresenta la situazione migliore fino a quella peggiore.

3. **IL CINCINNATI KNEE RATING SCALE** è una scala di misura del Cincinnati Sports Medicine and Orthopaedics Center inventata nel 1995 e rivista nel 1999, ha la caratteristica di valutare le condizioni del ginocchio sulla base del livello di attività più alto possibile senza o con minimi sintomi.

È una scheda a punti per la valutazione soggettiva di 8 parametri distinti in 2 gruppi il primo contiene i *sintomi* (dolore, gonfiore, instabilità), l'altro la *funzione* dell'articolazione (livello globale della attività, cammino, salire e scendere le scale, correre, saltare). Il punteggio massimo di 100 esprime l'assenza di limitazioni e di sintomi, e quindi un risultato eccellente; quanto più ci si allontana da questo punteggio tanto peggiore sarà il risultato (punteggio minimo 0). Questa scheda valutativa è dotata di buona riproducibilità, come risulta da studi effettuati da *Barber-Westin et Al.*[43].

VALUTAZIONE CLINICA OBIETTIVA

La valutazione clinica obiettiva del ginocchio è stata effettuata in comparazione con il ginocchio controlaterale.

Sono stati valutati i seguenti parametri:

- tumefazione del ginocchio (presente o assente)
- motilità (completa o incompleta, per il deficit di flessione ed estensione, ed eventuale entità del deficit articolare)
- versamento articolare(test del ballottamento rotuleo positivo o negativo)
- trofismo muscolare a livello della coscia.

Sono stati quindi eseguiti i test specifici per il LCA:

- **Il test del cassetto anteriore;**
- **Il Lachman test**, usando i seguenti criteri di valutazione - - - se il test era negativo; + - - per un test lievemente positivo; ++ - se il test era moderatamente positivo e +++ per indicare un'alta positività del test (indice di grave instabilità legamentosa a causa del LCA);

VALUTAZIONE BIOMECCANICA

La valutazione artrometrica della stabilità articolare del ginocchio, relativamente al LCA, è stata eseguita con il **ROLIMETER® AIRCAST**. Tale stressatore è stato ideato allo scopo di misurare la lassità del ginocchio durante il test di Lachman e del cassetto anteriore; è costruito in acciaio inossidabile ed è sterilizzabile per consentirne

l'uso in sala operatoria. Il semplice design, la facilità d'uso ed il suo prezzo relativamente basso, rendono il **Rolimeter™** una ideale alternativa a stressatori ben più costosi, come dimostrano studi effettuati da *Balash H et al.* e da *Ganko A et al.* [40-41] L'esame è stato eseguito su entrambi i lati. Ognuno è stato ripetuto tre volte ed è stato poi preso in considerazione il valore medio delle tre prove ed abbiamo considerato, con severità, tre gruppi di valori differenziali del lato operato rispetto al contro laterale: gruppo a) **< 2mm** (risultato ottimo); gruppo b) **>2 e <4mm** (risultato buono); gruppo c) **>4mm** (risultato cattivo), quest'ultimo gruppo è quindi da giudicare come un ginocchio instabile e quindi l'intervento chirurgico dal punto di vista meccanico è fallito. I test eseguiti sono stati : **il Test del cassetto anteriore** con ginocchio flesso a 90° ed il **Lachman test**.

Il paziente viene posizionato sul lettino con ginocchio flesso a 90°, per eseguire il **cassetto anteriore**; e a ginocchio flesso a 25° per il **Lachman test**. L'apparecchio durante l'esecuzione della manovra, misura l'escursione tibiale (lassità del LCA) mediante un'asticella metallica scorrevole e graduata con delle intaccature ogni 2mm. Vengono fatte 3 misurazioni consecutive sia per il Lachman test che per il cassetto anteriore, per poi riportarne il valore medio.

Per valutare la capacità di controllo della posizione (propriocezione) è stato successivamente eseguito un esame stabilometrico mediante una **pedana baropodometrica "Eco-tecnology"-Ecosanit®**, di forma rettangolare e delle dimensioni di 50 cm per 69 cm. E' stata fatta una valutazione statica baropodometrica statica, analisi del passo, e valutazione stabilometrica in appoggio monopodalico destro e sinistro, per 30 secondi.

Vengono così estrapolati dati direttamente proporzionali alla ampiezza (**area dell'ellisse**), alla quantità di oscillazioni (**lunghezza del gomito**) e alla **velocità delle oscillazioni**, appartenenti al ginocchio sano ed operato; in modo tale da poter mettere a confronto l'eventuale presenza di macro-instabilità e di micro-instabilità, le quali riflettono la capacità propriocettiva dell'articolazione in appoggio monopodalico.

9-RISULTATI

VALUTAZIONE CLINICA SOGGETTIVA

Per quanto concerne lo stato soggettivo degli operati, vengono di seguito riportati i risultati delle schede di valutazione utilizzate.

La scheda VAS, utilizzata per valutare il tipo e l'entità del dolore al ginocchio operato, è stata compilata da tutti i soggetti esaminati. Il valore medio della VAS è stato di 2,9 in rapporto al massimo dolore previsto (valore 10). Il 62% dei pazienti ha indicato un valore tra 0 e 3 e quindi dolore lieve. Il 28% ha espresso una valutazione tra 3 e 5, quindi dolore che possiamo definire moderato, mentre 4 pazienti (10% del totale) hanno dato una valutazione al di sopra di 5 è quindi un dolore moderato-elevato. I pazienti che hanno espresso una valutazione della loro sintomatologia algica sopra il valore di 5, in molti casi presentavano altre patologie a livello del ginocchio, quali pregresse lesioni meniscali, e condriti, che avevano contribuito a rallentare il recupero funzionale dopo l'intervento chirurgico di ricostruzione del LCA.

Abbiamo infatti osservato che un'adeguata fisioterapia postoperatoria è parte integrante del trattamento al fine di ottenere un buon recupero funzionale.

L'analisi della scheda **KOOS** ha evidenziato i seguenti punteggi medi: sintomi: 84,6; dolore: 90,7; funzioni della vita quotidiana: 93,5; attività sportive e ricreative: 79,4; qualità della vita in relazione al ginocchio operato 72;

con il **Cincinnati Knee Rating Scale** sono stati ottenuti i seguenti risultati medi: 79,24 punti (range 100-22) per il ginocchio operato e 88,44 punti(range 71-100) per il ginocchio controlaterale.

VALUTAZIONE CLINICA OBIETTIVA

La valutazione clinica obiettiva delle ginocchia operate ha evidenziato risultati estremamente interessanti in rapporto ai vari parametri esaminati. La tumefazione articolare è assente nella maggior parte dei casi risultando presente soltanto in 2 pazienti. Il *range* di movimento del ginocchio operato, paragonato al controlaterale, è risultato sovrapponibile nel 90% dei casi, lievemente ridotto nel 7% dei casi e moderatamente ridotto nel 3%; in quest'ultimo caso mancavano 10°-15° di flessione e 5° di estensione. Solo uno dei pazienti esaminati lamentava episodi di cedimento del ginocchio ed una modesta sintomatologia algica del ginocchio durante l'attività fisica.

Il trofismo muscolare a livello della coscia è stato giudicato normale o lievemente anormale nella maggior parte dei casi.

La valutazione clinica è proseguita con l'attuazione di manovre specifiche per la valutazione della stabilità del ginocchio; sono stati eseguiti vari test come: test del cassetto anteriore e posteriore, Lachmann test, pivot shift e stress test in varo-valgo, per la valutazione della stabilità mediale e laterale.

I risultati ottenuti, con tali manovre valutati con una scala in cui viene rappresentata la *negatività* al test con +++, la *lieve positività* con + - -, la *moderata positività* con + + - e la *positività completa* con +++, non hanno evidenziato la presenza di grossolane instabilità a livello del ginocchio operato.

VALUTAZIONE BIOMECCANICA

La valutazione artrometrica della stabilità articolare del ginocchio, relativamente al LCA, è stata eseguita con il ROLIMETER® AIRCAST.

Sono state eseguite 3 misurazioni consecutive sia per il Lachman test che per il test del cassetto anteriore, per poi riportarne il valore medio per ciascun ginocchio.

Lachman test abbiamo ottenuto i seguenti risultati medi: 5,8mm (range tra 0 e 14 mm) per il ginocchio non operato e 6,9 mm (range tra 1 e 14 mm) per il ginocchio operato.

Test del cassetto anteriore : abbiamo ottenuto i seguenti risultati medi: 6,1 mm (range tra 1,5 e 14 mm) per il ginocchio non operato e 7,45 mm (range tra 2 e 12,5 mm) per il ginocchio operato.

I pazienti sono stati poi suddivisi in vari sottogruppi in base alle differenze riscontrate tra il ginocchio operato ed il controlaterale.

Differenze comprese tra 0 e 2 mm sono considerate un ottimo risultato, differenze tra 2 e 4 mm un risultato buono mentre una differenza maggiore di 4 mm è stata considerata un cattivo risultato.

- **Lachman test:** abbiamo ottenuto il 62% di risultati ottimi (differenza tra ginocchio operato e il controlaterale compresa tra 0 e 2 mm); il 24% di risultati buoni ed in 14% di risultati cattivi (differenza > 4 mm).
- **Test del cassetto anteriore:** abbiamo ottenuto il 45% di risultati ottimi, il 38% di risultati buoni ed il 21% di risultati cattivi.

Dall'analisi stabilometrica di questo studio, eseguita con la pedana di forza, abbiamo ottenuto i seguenti risultati:

AREA DELL'ELLISSE (media): ginocchio operato: 1713,8 mmq (range: 123,7-25132,7 mmq) ginocchio controlaterale 1796 mmq (range: 40,5-15393 mmq).

LUNGHEZZA DEL GOMITOLO (media) ginocchio operato 770,6 mm (range: 204,9-1904,4 mm) ginocchio controlaterale 847,9 mm (range: 276-2602 mm).

VELOCITÀ DELLE OSCILLAZIONI (media) ginocchio operato 25,9 mm/s (6,8-63,5 mm/s) ginocchio controlaterale 28,1 mm/s (8,6-68,7 mm/s).

Complessivamente; la **superficie dell'ellisse** è risultata inferiore (stabilità maggiore) a livello del lato operato nel 48% dei casi; la **lunghezza del gomito** minore a livello del ginocchio operato (migliore stabilità) nel 52 % dei casi; la **velocità**

complessiva delle oscillazioni stata riscontrata inferiore a livello del lato operato nel 56% dei casi. L'analisi statistica dei dati ottenuti ha tuttavia, dimostrato che le differenze riscontrate tra il ginocchio operato, ed il controlaterale non sono statisticamente rilevanti.

L'analisi statistica è stata ottenuta applicando il test T di student ai 2 gruppi, considerando come gruppo A le ginocchia operate e il B il controlaterale sano. Il test di T di student è stato applicato ai dati ottenuti con la pedana baropodometrica (area dell'ellisse, lunghezza del gomito, velocità complessiva)ottenendo i seguenti valori: $p > 0,05$ (**0,95**) per i dati relativi all'area dell'ellisse; $p > 0,05$ (**0,58**) per quanto riguarda la lunghezza del gomito e $p > 0,05$ (**0,62**) per la velocità complessiva; risultando così non statisticamente significativa la differenza tra i 2 gruppi.

10-DISCUSSIONE

Negli anni '80 sono stati introdotti vari materiali sintetici, sia per la sostituzione protesica del legamento crociato anteriore (fibra di carbonio, Dacron®, Gore-Tex®), sia come augmentation dei graft biologici (Leed-Keio e Kennedy augmentation device).

Tuttavia, sebbene studi a breve termine mostrassero risultati clinici migliori rispetto ai graft biologici, l'utilizzo di materiali sintetici era gravato da una elevata percentuale di complicanze a lungo termine, quali fallimenti meccanici (rottura della componente protesica, perdita di tenuta), fenomeni flogistici (sinoviti) dovuti al debridement del materiale ed in ultima analisi artrosi precoce.[9]

Negli ultimi anni in seguito allo sviluppo di nuovi materiali e di tecniche chirurgiche più accurate, è nuovamente cresciuto l'interesse verso l'uso dei graft sintetici per la ricostruzione del legamento crociato anteriore in particolari gruppi di pazienti, quali ad esempio, quelli già sottoposti ad un precedente intervento di ricostruzione LCA con graft biologici.

Tra i vari ligamenti sintetici di seconda generazione introdotti in commercio quello che per le sue caratteristiche strutturali più si avvicina all'anatomia ed alla meccanica del legamento crociato nativo è il LARS® (Ligament Advanced Reinforcement System).

L'innovazione più importante introdotta con il LARS® che lo differenzia dagli altri ligamenti sintetici, è la sua spiccata similarità alla normale struttura del legamento crociato anteriore, legata soprattutto all'orientamento delle fibre nella porzione intra-articolare.

La porzione intra-articolare del LARS® è costruita in modo da ridurre al minimo lo share stress per la protesi e da stimolare e fornire un buon supporto, per la ricrescita tessutale che inizia a livello dei tunnel ossei. La ricrescita di tessuto tra le fibre del legamento contribuisce ad aumentarne la visco-elasticità ed a ridurre la frizione tra le fibre ed i tunnel ossei.

Studi clinici riguardo l'utilizzo del LARS® nella ricostruzione del LCA hanno evidenziato risultati molto incoraggianti sia a breve termine sia a medio-lungo termine, con una notevole diminuzione sia delle complicanze reattive (sinoviti) sia di quelle meccaniche (rottture dell'impianto, perdite di tenuta) [42]. *Dericks* in uno studio pubblicato nel 1995 ha analizzato i risultati ottenuti in 220 pazienti sottoposti

ad intervento chirurgico di ricostruzione del LCA con il LARS® ligament, riportando un 86% di risultati positivi ad un follow-up medio di 2,5 anni.[45]

Nau et al nel 2002 hanno condotto uno studio comparativo tra 27 pazienti sottoposti a ricostruzione del LCA con tendine rotuleo (BPTB) e 26 pazienti sottoposti a ricostruzione del LCA con LARS®. Ad un follow-up di 2 anni sia la valutazione soggettiva (IKCD e KOOS) sia quella obiettiva (valutazione artrometrica della lassità), non hanno mostrato differenze significative tra i 2 gruppi.

Gli Autori hanno, quindi, concluso che il LARS® ligament rappresenta una valida opzione per il trattamento delle lesioni del LCA, soprattutto quando è richiesto un rapido recupero funzionale.[7]

G.Cerulli et al. nel 2007 hanno pubblicato un studio retrospettivo con follow-up a 5 anni , su 25 pazienti sottoposti ad intervento chirurgico di ricostruzione del LCA con il legamento sintetico LARS®. Tutti i pazienti sono stati sottoposti ad una valutazione clinica soggettiva con le schede VAS, KOOS e IKDC ed ad una valutazione funzionale biomeccanica (artrometrica, isocinetica e stabilometrica).

I risultati ottenuti hanno evidenziato valori soddisfacenti in oltre il 90% dei pazienti; inoltre anche la valutazione biomeccanica ha confermato i risultati ottenuti dalla valutazione clinica. [10]

Analizzando i dati obiettivi e soggettivi ricavati dal nostro studio possiamo affermare che la ricostruzione del legamento crociato anteriore con LARS® ha dato dei risultati soddisfacenti. Il range di movimento è ottimale nella maggior parte dei pazienti e la sintomatologia algica è da considerarsi lieve.

Alla valutazione obiettiva non sono state evidenziate grossolane instabilità sia in antero-posteriore, sia in varo-valgo, a livello del ginocchio operato.

La valutazione soggettiva dei pazienti coinvolti nello studio è stata effettuata con scale di valutazione internazionali quali la **VAS**, **Cincinnati Knee Rating Scale** e la **KOOS**. Dai risultati ottenuti risulta che la **soddisfazione** all'intervento del paziente è buona (7,6 di media in una scala da 1 a 10). La scala **VAS**, per la valutazione del dolore, ha dato dei risultati sovrapponibili a quelli riscontrati in bibliografia, [10] con un valore medio di 2.9 (dolore moderato).

Alla valutazione con la scheda **KOOS** i risultati hanno riportato i seguenti valori medi: **ottimi** per quanto riguarda i *sintomi* (v.m. 84,8) **ottimi** per il *dolore* (v.m. 90,3), **ottimi** per le *attività quotidiane* (v.m.97,8), **ottimi** per l'*attività sportiva* (v.m.90) e **buoni** per la *qualità di vita in relazione al ginocchio* (v.m.71,8).

Anche lo score ottenuto con la **Cincinnati Knee Rating Scale** è risultato più che soddisfacente con un valore medio di 79,24 punti per il ginocchio operato, ed un valore medio di 88,81 punti per il ginocchio controlaterale.

La stabilità del ginocchio dopo l'intervento di ricostruzione con LARS® è risultata analoga a quella del ginocchio controlaterale: le differenze ottenute dalla valutazione con lo stressatore sono infatti risultate statisticamente non significative.

La valutazione della propriocezione di ciascun arto è stata eseguita mediante un'analisi stabilometrica in appoggio monopodalico.

I risultati ottenuti dal confronto dei tre parametri presi in considerazione (area dell'ellisse, lunghezza del gomito e velocità complessiva delle oscillazioni), non hanno evidenziato differenze statisticamente tra i 2 lati ($p\text{-value}>0,05$ per ogni

parametro) dimostrando la persistenza di un buon controllo propriocettivo dopo l'intervento di ricostruzione del LCA con ligamento sintetico.

11-CONCLUSIONI

La lesione del legamento crociato anteriore (LCA) è la più frequente lesione legamentosa del ginocchio. Questo legamento sia a causa della scarsa vascolarizzazione che della sua posizione (circondato dal liquido sinoviale), ha scarse capacità di guarigione con il solo trattamento conservativo.[1] Poiché i pazienti affetti da lesione del legamento crociato anteriore sono mediamente giovani e attivi, la ricostruzione chirurgica è quindi la metodica terapeutica di scelta per la risoluzione dell'instabilità articolare dovuta a lesione del LCA. Le tecniche ricostruttive sono diverse, e possono basarsi sull'autotrapianto tendineo (tecnica biologica), trapianto tendineo da cadavere o sull'impianto di legamenti artificiali.

Il mondo ortopedico ha valutato anche la possibilità di ricostruire il LCA con materiali sintetici per ovviare agli svantaggi ed alle complicanze delle ricostruzioni con tecniche biologiche. In passato sono stati valutati buoni dei graft sintetici che si sono rivelati non privi di complicanze e poco biocompatibili. Oggi la presenza del LARS® come opzione terapeutica da utilizzare nelle lesioni del LCA può essere considerata una felice realtà.[10]

Il LARS®, in base ai risultati del nostro studio con un follow-up di 41 mesi, e ai dati della Letteratura internazionale, possiamo affermare che questo tipo di graft è una possibile ed altrettanto valida scelta, per le ricostruzioni del LCA. [7-44-45]

I dati da noi ottenuti sono da ritenere scientificamente validi per i seguenti motivi:

- Durata del follow-up;
- Numero dei pazienti analogo o addirittura superiore ad altri studi già pubblicati su autorevoli riviste;
- Utilizzo di materiali e metodi usati anche in altri studi scientifici[10]

Possiamo pertanto affermare che in base alle caratteristiche strutturali e meccaniche del LARS®, le *indicazioni* all'uso di questo tipo di graft sono riservate a pazienti con età superiore ai 35 anni, sintomatici e con necessità al rapido recupero funzionale ed ai casi di fallimento dopo un intervento di ricostruzione con graft biologico.

Dalla revisione della nostra casistica abbiamo evidenziato un'elevata percentuale di soddisfazione relativa all'intervento (85% dei soggetti in base alle schede di valutazione soggettiva si reputano soddisfatti). Restano da menzionare i pazienti che si dichiaravano non soddisfatti della riuscita dell'intervento; questi, nonostante una sintomatologia algica più importante (soprattutto durante l'attività fisica e la salita e la discesa di scale) ed una limitazione funzionale maggiore, determinata con le schede di valutazione soggettive, non presentavano instabilità importante del ginocchio alle prove stabilometriche.

I dati riguardanti la stabilometria dei casi da noi revisionati, mostrano una area dell'ellissi, ed una lunghezza del gomito addirittura maggiore che nel ginocchio controlaterale mai traumatizzato e considerato sano al 100%; questo "eccesso" di stabilità articolare è da attribuire secondo noi alle caratteristiche biomeccaniche

intrinseche al graft stesso, come l'elevata resistenza alla trazione (3500-4000N) e la conseguente assenza di elasticità.

Nonostante i risultati ottenuti dalla revisione della nostra casistica siano positivi, è necessario un follow-up più lungo in modo da valutare l'effettiva durata del LARS® nel tempo (oltre i 10 anni dall'impianto) poiché il limite dell'impianto può esser rappresentato dal fallimento meccanico del materiale dopo un elevato numero di cicli (22mln di cicli).[10]

Dobbiamo inoltre fare presente, che un'altra possibile limitazione all'utilizzo del LARS® nei presidi ospedalieri, è rappresentata dall'elevato costo della protesi (ca. 2000 Euro).

Nella nostra revisione non sono presenti pazienti con complicanze a breve termine, come riportato in letteratura per l'utilizzo di graft di prima generazione, rappresentate soprattutto da infezione della ferita chirurgica, la rottura del graft e processi reattivi (sinoviti), in linea con i dati riscontrati in Letteratura. [5-1-48-49-50-51-52-53] Anche per quanto riguarda le complicanze a lungo termine, come lassità residua dell'articolazione e riduzione del range di movimento non si rilevano differenze sostanziali rispetto ad altri studi scientifici [53], infatti nella nostra casistica solo il 3% dei casi presentano una riduzione moderata del range di movimento.

12-BIBLIOGRAFIA

1. Randy Mascarenhas, Peter B. MacDonald. Anterior cruciate ligament reconstruction: a look at prosthetics- past, present and possible future.
2. Lukianov AV, Richmond JC, Barrett GR, Gillquist J. A multicentre study on the results of anterior cruciate ligament reconstruction using a Dacron ligament prosthesis in “salvage” cases. Am J Sports Med., 1989. 17(3):p.380-5,6.
3. Jenkins, DHR. The repair of cruciate ligaments with flexible carbon fibre: A longer term study of the induction of new ligaments and of the fate of the implanted carbon. J Bone Joint Surg Br., 1978. 60-B(4): p. 520-2.
4. Papadoupoulos GA. Early mechanical and functional results in the treatment of ACL ruptures by athroscopy reconstruction using the syntetic LARS. 1st Balkan congress of othopaedics Thessaloniki, 8-11 october 1997.
5. Lavoie P, Fletcher J, Duval N. Pazient satisfaction needs as related to knee stability and abjective findings after ACL reconstruction using the LARS artificial ligament. Knee 2000;7:157-63.
6. Bolton CW. Bruchman WC. The GORE-TEX® expanded polytetrafluoroethylene prosthetic ligament: an in vitro and vivo evaluation. Clin Orthop. 1985;196:202-13.
7. Nau T, Lavoie P, Duval N, A new generation of artificial ligaments in reconstruction of the anterior cruciate ligament. Two-year follow-up of a randomised trial. J Bone Joint Surg Br., 2002. 84-B:356-60.

8. P. Colombe, M. Allard, V. Bousquet, C. De Lavigne, P.H. Flurin. The history of ACL surgery. Bordeaux-Morignac Centre of Orthopaedic and Sport Surgery.
9. Randy Mascarenhas, Peter B. McDonald. Anterior cruciate ligament reconstruction: a look at prosthetics-past, present and possible future. MJM 2008 11(1):29-37
10. G. Cerulli 1 2 3, A. Caraffa1 2, R. Antenucci1, P. Antinolfi1. Il legamento artificiale. G.I.O.T. 2007;33(suppl. 1):S238-S242.
11. Cattaneo. Ossa, articolazioni e muscoli dell'uomo – Monduzzi ed. – Bologna, 1995
12. Chiarugi. Istituzioni di anatomia dell'uomo – vol. I – Vallardi, Milano, rist. 1965
13. Cunningham's Trattato di Anatomia Umana – XII edizione – a cura di G.J. Romanes , ed. Piccin
14. Anatomia del Gray – a cura di R. Warwick e P.L. Williams – Zanichelli
15. Balboni et al. – Anatomia Umana – Edi-Ermes, Milano, 3°ed. rist. 2002
16. Frank H. Netter, M.D. – Atlante di Anatomia umana – Masson – rist. 2002
17. Calivisi, Barile – Atlanti di artroscopia e imaging dell'apparato muscolo-scheletrico – ginocchio – UTET 2004
18. Maquet P. G.- Biomechanics of the knee. - Ed. Springer-Verlag Berlin, Heidelberg, Tokyo. 1984
19. Hanno Steckel, MD; Patricia E. Murtha, PhD; Ryan S. Costic, MS;
James E. Moody, M; Branislav Jaramaz, PhD; and Freddie H. Fu, MD.
Computer Evaluation of Kinematics of Anterior Cruciate Ligament

- Reconstructions. Clinical orthopaedics and related research. Number 463, pp. 37–42 © 2007 Lippincott Williams & Wilkins.
20. J. Dargel • M. Gotter • K. Mader • D. Pennig • J. Koecke • R. Schmidt-Wiethoff. Biomechanics of the anterior cruciate ligament and implications for surgical Reconstruction. *Strat Traum Limb Recon* (2007) 2:1–12.
 21. Poty, Padilla, Castells. Influence des ruptures du ligament croisé antérieur isolées ou associées sur les couples de force musculaire de la cuisse. Mesure par dynamométrie isokinetique -medicine du sport, 59 (2); 32-38, 1985.
 22. C.B. Frank. Ligament structure, physiology and function. *J Musculoskel Neuron Interact* 2004; 4(2):199-201
 23. Majors, Woodfin. Achieving full range of motion after ACL reconstruction. *Am. J. Sports Med.* Vol 24, 3, 350-355, 1996.
 24. Kapandji – Fisiologia Articolare –Marrapese ed.Roma, 1983
 25. Aune, Schaff, Nordeletten. Contraction of knee flexors. *Med. Ski sports*, june 1995, 163-169.
 26. Wolf Petersen, MD; and Thore Zantop, MD. Anatomy of the Anterior Cruciate Ligament with Regard to Its Two Bundles. Clinical orthopaedics and related research number 454, pp. 35–47© 2006.
 27. Suzanne L. Miller, MD, James N. Gladstone, MD. Graft selection in anterior cruciate ligament reconstruction. *Orthop Clin N Am* 33 (2002) 675– 683.
 28. Alexander H, Weiss AB, Parsons JR., Absorbable polymerfilamentous carbon composites a new class of tissue scaffolding materials. *Aktuelle Probl Chir Orthop.*, 1983. 26: p.78-91.

29. Weiss, AB, Blazina ME, Goldstein AR, Alexander H. Ligament replacement with an absorbable copolymer carbon fiber scaffold early clinical experience. *Clin Orthop.*, 1985. 196(77-85).
30. Mody BS, Howard L, Harding ML, Parmar HV, Learmonth DJ. The ABC carbon and polyester prosthetic ligament for ACLdeficient knees. Early results in 31 cases. *J Bone Joint Surg Br.*1993 Sep;75(5):818-21.
31. Bolton CW, Bruchman WC. The GORE-TEX expanded polytetrafluoroethylene prosthetic ligament. An in vitro and in vivo evaluation. *Clin Orthop.*, 1985. 196: p. 202-13.
32. Woods GA, Indelicato PA, Prevot TJ. The Gore-Tex anterior cruciate ligament prosthesis. Two versus three year results. *Am J Sports Med.*, 1991. 19(1): p. 48-55.
33. Lukianov AV, Richmond JC, Barrett GR, Gillquist J. A multicenter study on the results of anterior cruciate ligament reconstruction using a Dacron ligament prosthesis in "salvage" cases. *Am J Sports Med.*, 1989. 17(3): p. 380-5.
34. Richmond JC, Manseau CJ, Patz R, McConville O, Anterior cruciate reconstruction using a Dacron ligament prosthesis. A long-term study. *Am J Sports Med.*, 1992. 20(1): p. 24-8.
35. Fujikawa K, Iseki F, Seedhom BB. Arthroscopy after anterior cruciate reconstruction with the Leeds-Keio ligament. *J Bone Joint Surg Br.*, 1989. 71(4): p. 566-70.
36. Rading J, Peterson L. Clinical experience with the Leeds-Keio artificial ligament in anterior cruciate ligament reconstruction. A prospective two-year follow-up study. *Am J Sports Med.*, 1995. 23(3): p. 316-9.

37. Macnicol MF, Penny IA, Sheppard L. Early results of the Leeds-Keio anterior cruciate ligament replacement. *J Bone Joint Surg Br.*, 1991. 73(3): p. 377-80.
38. Kennedy JC, Roth JH, Mendenhall HV, Sanford JB. Presidential address. Intraarticular replacement in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Am J Sports Med.*, 1980. 8(1): p. 1-8.
39. Lopez-Vazquez E, Juan JA, Vila E, Debon J. Reconstruction of the anterior cruciate ligament with a Dacron prosthesis. *J Bone Joint Surg Am.*, 1991. 73(9): p. 1294-300.
40. Ganko A, Engebretsen L, Ozer H. The Rolimeter: A New Arthrometer Compared with the KT-1000. Submitted for publication.
41. Balasch H, Schiller M, Friebel H, Hoffmann F. Evaluation of Anterior Knee-joint Instability with the Rolimeter. Submitted for publication.
42. Robin Allum. Aspects of current management, Complication of arthroscopic reconstruction of the Anterior cruciate ligament. *J Bone Joint Surg [Br]* 2003;85-B:12-6.
43. Barber-Westin SD, Noyes FR, McCloskey JW. Rigorous statistical reliability, validity, and responsiveness testing of the Cincinnati Knee Rating System in 350 subjects with uninjured, injured, or anterior cruciate ligament-reconstructed knees. *Am J Sports Med* 1999; 27(4):402-416.
44. Duval N, Lavoie P. The new generation of artificial ligament In ACL reconstruction 3-years follow-up of randomized trials. *Atti 6° Corso Internazionale "Ortopedia, Biomeccanica e Riabilitazione sportiva"*, 113, Assisi 2002.

45. Petrou G, Chardouvelis C, Kuzoupis A, et al. Reconstruction of the anterior cruciate ligament using the polyester ABC ligament scaffold: a minimum follow-up of four years. *J Bone Joint Surg (Br)* 2006;88:893-9.
46. Dericks G Jr. Ligament advanced reinforcement system anterior cruciate ligament reconstruction. *Op Thech Sports Med* 1995;3:187-205.
47. Laboreau JP, Marnat-Perrichet F. Isometric reconstruction of the anterior cruciate ligament: femoral and tibial tunnel placement. In: Yahia L'H, ed. *Ligament and ligamentoplasties*. Berlin, etc, SpringerVerlag, 1997:209-25.
48. *American Journal of Sport Medicine*, 21 (3), pp367-373,1993
49. *Injury*, 25 (7), 443.445,1994
50. *Knee Surgery Sports Trauma, Arthroscopy*, 1 (2), pp71-75,1993
51. *Journal of Biomedical Materials Research*, 48 (4), pp534-549,1999
52. *Knee Surgery, Sports Trauma, Arthroscopy*, 4 (3), pp132-136, 1996
53. *American Journal of Sports Medicine*, 25 (30), pp228-293, 1997
54. Talbot M, Berry G, Fernands J, Ranger P. Knee dislocations: experience at the hospital du Sacre- Coeur de Montreal. *Can J Surg.*, 2004. 47(1): p.380-5.
55. Kumar K, Maffulli N, The ligament augmentation device: an historical perspective. *Arthroscopy*, 1999. 15(4): p. 422-32.
56. www.LARSKNEE.com